



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SAN
FRANCISCO DE CUAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES.**

Para optar al título de Ingeniero civil

Elaborado por

Br. Kristhel Ivette Cisne Duarte

Br. Camilo Rafael Hernández Ríos

Tutor

Msc. Ing. Mario Francisco Castellón Zelaya.

Managua, Mayo 2017

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN EJECUTIVO | i |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1 Generalidades | 1 |
| 1.2 Antecedentes | 2 |
| 1.3 Justificación..... | 2 |
| II. OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1 Objetivo general | 3 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 4 |
| 3.1 Ubicación geográfica | 4 |
| 3.2 Población | 5 |
| 3.3 Organización territorial | 5 |
| 3.4 Climatología y precipitación..... | 7 |
| 3.5 Servicios existentes..... | 7 |
| 3.5.1 Servicio de educación..... | 7 |
| 3.5.2 Salud..... | 8 |
| 3.5.4 Telecomunicaciones | 9 |
| 3.5.5 Agua potable y alcantarillados..... | 9 |
| 3.6 Medio biológico | 10 |
| 3.6.1 Fauna | 10 |
| 3.6.2 Flora..... | 11 |
| 3.6.3 Características orográficas principales | 12 |
| 3.6.4 Cuencas | 13 |
| IV. MARCO TEÓRICO..... | 14 |
| 4.1 Estudio poblacional | 14 |
| 4.1.2 Proyección de la población..... | 14 |
| 4.1.3 Métodos de cálculo..... | 14 |
| 4.1.3.2 Tasa de crecimiento geométrico o método Geométrico | 14 |

| | |
|--|----|
| 4.2 Cantidades de aguas residuales | 15 |
| 4.2.1 Consumo domestico | 15 |
| 4.2.1 Consumo comercial, Industrial y publico | 16 |
| 4.2.2 Gasto de Infiltración (Qinf) | 17 |
| 4.2.3 Gasto medio (Qm) ⁴ | 17 |
| 4.2.4 Gasto de diseño (Qd) ³ | 17 |
| 4.2.5 Factor de Harmon..... | 18 |
| 4.3 Periodo de diseño | 18 |
| 4.4 Hidráulica de las alcantarillas | 19 |
| 4.4.1 Formula y coeficiente de rugosidad..... | 19 |
| 4.4.2 Diámetro mínimo | 19 |
| 4.4.3 Pendiente longitudinal mínima | 19 |
| 4.4.4 Cambio de diámetro..... | 20 |
| 4.4.5 Ángulos entre tuberías..... | 20 |
| 4.4.6 Ubicación de las alcantarillas | 20 |
| 4.4.7 Conexiones domiciliarias..... | 20 |
| 4.5 Pozos de visita sanitarios (P.V.S)..... | 21 |
| 4.5.1 Ubicación | 21 |
| 4.5.2 Distancia máxima entre pozos | 21 |
| 4.6 Métodos de tratamiento de las aguas residuales..... | 22 |
| 4.6.1 Clasificación y aplicación de los métodos de tratamientos del agua residual | 22 |
| 4.6.2 Tipos de tratamientos | 23 |
| 4.6.3 Clasificación de sistemas de tratamientos secundarios..... | 27 |
| 4.7 Sistema de tratamiento de aguas residuales | 28 |
| 4.7.1 Lagunas de estabilización..... | 28 |
| 4.7.2 Lagunas Facultativas | 28 |
| 4.7.3 Lagunas Anaerobias | 29 |
| 4.7.4 Lagunas aireadas | 29 |
| 4.7.5 Lagunas de maduración | 29 |
| 4.7.6 Tanques sépticos..... | 31 |
| 4.7.7 Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente | 32 |
| 4.7.8 Tanque Imhoff | 32 |

| | |
|---|----|
| 4.8 Criterios para la ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.. | 33 |
| 4.9 Calidad de vertido | 35 |
| V. DISEÑO METODOLOGICO | 36 |
| 5.1 Etapa de conceptualización..... | 36 |
| 5.1.1 Reconocimiento de zona..... | 36 |
| 5.1.2 Levantamiento topográfico..... | 36 |
| 5.1.3 Estudio de población..... | 36 |
| 5.2 Periodos de diseño..... | 37 |
| 5.3 Diseño del sistema de recolección | 37 |
| 5.3.1 Trazado de la red..... | 37 |
| 5.3.2 Calculo del área de drenaje | 37 |
| 5.3.3 Localización de la red y numeración de pozos de visitas o registros | 38 |
| 5.3.4 Caudal de diseño..... | 38 |
| 5.3.5 Análisis hidráulico | 40 |
| 5.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales | 42 |
| 5.4.1 Ubicación de los sistemas de tratamiento | 42 |
| 5.4.2 Tratamiento preliminar | 43 |
| 5.4.3 Criterios de Selección de Alternativa de Tratamiento..... | 50 |
| VI. RESULTADOS..... | 65 |
| 6.1 Población de diseño | 65 |
| 6.2 Caudal de diseño | 66 |
| 6.3 Red de recolección..... | 66 |
| 6.4 Sistema de tratamiento..... | 66 |
| 6.4.1 Rejas..... | 67 |
| 6.4.2 Desarenador..... | 68 |
| 6.4.3 Medidor Parshall..... | 69 |
| 6.5 Alternativas de tratamiento | 70 |
| 6.5.1 Calidad de agua | 70 |
| 6.5.2 Alternativa N°1. Tanque Imhoff + Biofiltros..... | 71 |
| | 73 |
| 6.5.3 Alternativa N° 2.Tanque Imhoff + Lagunas facultativas secundarias + Laguna Aerobia terciaria..... | 74 |

| | |
|---|----|
| 6.6 selección de alternativas de tratamientos | 75 |
| 6.8 Estudios de suelo | 77 |
| 6.8.1 Ensayes efectuados | 78 |
| VII.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 79 |
| 7.1 Conclusiones..... | 79 |
| 7.2 Recomendaciones..... | 81 |
| VIII. BIBLIOGRAFIA..... | 82 |
| IX .APENDICE | 83 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Vista general de casco urbano de San Francisco de Cuapa..... | 4 |
| Figura 2 Macro y Micro localización | 5 |
| Figura 3 Clima y vegetación típica del Municipio de Cuapa | 7 |
| Figura 4 Especies existentes en el municipio de San Francisco de Cuapa..... | 10 |
| Figura 5 Flora del municipio de San Francisco de Cuapa | 11 |
| Figura 6 Bosque típico de la zona | 12 |
| Figura 7 Quebrada Santa Faustina. | 13 |
| Figura 8 Comportamiento fisicoquímico de laguna de estabilización | 28 |
| Figura 9 Estructura del Tanque Imhoff | 33 |
| Figura 10 Canaleta Parshall | 70 |
| Figura 11 Localización de sondeos manuales..... | 77 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Distribución poblacional por zona del municipio de San Francisco de Cuapa..... | 6 |
| Tabla 2 Dotaciones de agua para las ciudades del país. | 16 |
| Tabla 3 Porcentajes de consumo comercial, industrial y público de acuerdo a la dotación doméstica diaria..... | 17 |
| Tabla 4 Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas. | 18 |
| Tabla 5 Coeficiente de rugosidad n..... | 19 |
| Tabla 6 Espaciamiento máximo entre pozos de visita..... | 22 |
| Tabla 7 Unidades de tratamientos de aguas residuales..... | 23 |
| Tabla 8 Rendimiento de los diferentes procesos de tratamientos de aguas residuales | 24 |
| Tabla 9 Parámetros para calidad de vertido..... | 35 |
| Tabla 10 Análisis de dotaciones..... | 38 |
| Tabla 11 Porcentajes de consumo comercial, industrial y público de acuerdo a la dotación doméstica diaria..... | 40 |
| Tabla 12 Parámetros de diseño de tanque Imhoff..... | 51 |
| Tabla 13 Factor de capacidad relativa | 53 |
| Tabla 14 Tiempo requerido para la digestión | 53 |
| Tabla 15 Relación entre DBO total/DBO soluble..... | 64 |
| Tabla 16 Calidad del efluente..... | 64 |
| Tabla 17 Resultados de población de diseño..... | 65 |
| Tabla 18 Resultado de Canal y Rejas | 67 |
| Tabla 19 Resultado de Desarenador..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20 Resultados para canaleta Parshall..... | 69 |
| Tabla 21 Caracterización de Aguas residuales | 70 |
| Tabla 22 Resultado de Tanque Imhoff | 71 |
| Tabla 23 Resultado de Lecho de secado | 72 |
| Tabla 24 Resultados de Biofiltro N° 1..... | 72 |
| Tabla 25 Resultados de Biofiltro N° 2..... | 73 |
| Tabla 26 Resultados de laguna Facultativa secundaria | 74 |
| Tabla 27 Resultados de laguna Aerobia terciaria..... | 75 |
| Tabla 28 Parámetros de selección de alternativas de tratamiento. | 75 |
| Tabla 29 Resultado final tipos de suelos | 78 |
| Tabla 30 Descripción general de estudio de suelo | 78 |

APENDICES

| | |
|---|-----|
| A - 1. Cálculos. Población y Dotación | 1 |
| A - 2. Cálculos. Líneas de Recolección..... | 19 |
| A - 3. Cálculos. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales | 36 |
| A - 4. Presupuesto de los Sistemas de Recolección..... | 38 |
| A - 5. Presupuesto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales | 45 |
| A – 6. Estudios de suelos | 58 |
| A - 7. Planos constructivos..... | 105 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contiene el trabajo monográfico titulado “***Diseño de la red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de San Francisco de Cuapa, departamento de chontales***”.

El proyecto comprende la instalación de 10,454.21 m de tubería de PVC SDR-41 y 145 pozos de visita sanitarios más 32 cajas de registro sanitario. La cobertura del sistema es del 100%, correspondiente a 4808 habitantes calculados para un periodo de diseño de 20 años, los cuales producirán un caudal de 13.908 lt/seg. Para brindar una total cobertura se diseñó la red de alcantarillado sanitario las cuales desembocan en una planta de tratamiento, de este modo se garantizó que el sistema funcione por gravedad, cumpliendo con los parámetros hidráulicos necesarios para su óptimo funcionamiento.

Los diámetros de la tubería de la red de recolección son de 150 mm (6”) y 200 mm (8”), la longitud total es de: 10454.21 m.

Se diseñó el sistema de tratamiento de aguas residuales, para la misma se evaluaron dos alternativas de tratamiento: Tanque Imhoff + Biofiltros y la segunda comprende Tanque Imhoff + laguna facultativa secundaria + laguna Aerobia terciaria, de estas dos alternativas se recomendó la utilización de la primera alternativa al determinarse como la más viable basado en los costos de construcción, operación, mantenimiento, disponibilidad del terreno, condiciones topográficas y eficiencia de remoción del sistema.

Previo al tanque Imhoff y los dos Biofiltros se instalarán unidades de tratamiento preliminar encargados de recolectar objetos de gran tamaños, arenas o cualquier otro deposito que sea transportado por el sistema de conducción y que puedan repercutir en el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento.

Para tal fin se instalará un canal de aproximación, un sistema de rejillas, un desarenador de flujo horizontal con dos cámaras y una canaleta Parshall como medida de control de los caudales de las aguas residuales que ingresen al sistema.

El sitio recomendado para la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales se localiza en el sector sureste del municipio, y la descarga final se realizara en el rio Cuapa.

La suma de todos estos componentes con llevó a un costo de inversión directo de proyecto de C\$ 36,502, 604.06, resultando el costo per-cápita de C\$ 7,592.06.

I. INTRODUCCION

1.1 Generalidades

Según datos del Banco Mundial (BM) y la Organización de Naciones Unidas (ONU) la población mundial se estima 7, 432,663.000 en habitantes en la actualidad. Esta población mundial esta conglomerada en asentamientos humanos los cuales en su cotidiano generan una serie de demandas como el agua, energía y otros. Así como demandan estos elementos básicos también generan desechos como residuos sólidos, residuos líquidos y otros contaminantes ambientales.

La problemática de la disposición sanitaria de excretas y aguas residuales resulta ser en el mundo un apremiante problema que se va solucionando conforme las instituciones de gobiernos nacionales y locales inciden en la concepción, diseño, proyección y ejecución de infraestructura de diversas tecnologías y capacidades según el contexto social, ambiental y económico a la cual se le brindará una alternativa de solución.

En el departamento de Chontales, el municipio de San Francisco de Cuapa cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que cubre 65 % de la población urbana, según datos de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) hasta diciembre del 2014. Sin embargo, no cuentan con un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales; por lo que vierten los desechos líquidos en sumideros de construcción artesanal, y las aguas provenientes de otros usos que no conlleven materia orgánica (excretas) son vertidas en canales pluviales.

Ante la situación antes expuesta el presente trabajo pretende dar respuesta a través del diseño de la red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio de San Francisco de Cuapa en el departamento de Chontales, según normas técnicas nacionales de diseño y que cumpla con la **Guía técnica para el diseño de**

alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales que ha elaborado el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA).

1.2 Antecedentes

Históricamente el casco urbano del municipio de San Francisco de Cuapa se ha desarrollado sin ningún Plan de Ordenamiento Municipal, por lo cual no se ha contemplado el diseño y construcción de un sistema de alcantarillado Sanitario y mucho menos una planta de tratamiento para las aguas servidas de la ciudad.

Esta ciudad no cuenta con estudios previos de ningún tipo que les permita establecer procesos adecuados para manejar las aguas residuales, viéndose en la necesidad de desechos las mismas a las calles, perjudicando de esta manera la estructura de la calle y propiciando la formación de charcos. Así mismo, hacer letrinas de forma artesanal sin ningún conocimiento puede afectar directamente al manto freático y por consiguiente la contaminación de las aguas subterráneas.

En el casco urbano de San Francisco de Cuapa hasta el año 2005 había 497 viviendas, de las cuales el 10.42 % no cuentan con servicio higiénico ni letrina, el 5.03% cuentan con un servicio higiénico y el 84.51% utilizan letrinas. Una pequeña cantidad de pobladores construyen sumideros para la disposición final de las aguas negras que se producen.

1.3 Justificación

En el municipio de San Francisco de Cuapa existe un sistema de agua potable domiciliario administrado por Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL); elemento que hace necesario la implementación de un sistema de recolección y tratamiento de agua residuales.

En la actualidad la problemática de saneamiento en el municipio es fácilmente observable dado su influencia en la contaminación ambiental, misma que provoca la prevalencia de morbilidad en los grupos de riesgo de la familia (niños y ancianos). La mayoría de las enfermedades se pueden prevenir con las mejoras del saneamiento público.

La presente propuesta pretende plantear alternativas de solución a la problemática del saneamiento (sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales) en el municipio de San Francisco de Cuapa.

La ejecución del sistema de alcantarillado sanitario contribuye directamente a la salud humana, mejora el medio ambiente, genera beneficios económicos, fortalece la dignidad humana y el desarrollo social de la población.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

1. Diseñar la Red de Alcantarillado Sanitario y Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la ciudad de San Francisco de Cuapa, departamento de Chontales.

2.2 Objetivos específicos

1. Realizar estudios de población y consumo para determinar la población de diseño y volumen de aguas residuales.
2. Efectuar el levantamiento topográfico del área de estudio para especificar el curso de las aguas residuales.
3. Realizar trazado y cálculo hidráulico de la Red de Alcantarillado Sanitario que cumpla con los parámetros de diseño, a la vez que se adapte a las condiciones topográficas del sitio.
4. Seleccionar y dimensionar el sistema de tratamiento de las aguas residuales, técnicas y económicamente más adecuadas.
5. Estimar costos y elaborar presupuesto del proyecto.

III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación geográfica

El municipio de San Francisco de Cuapa se encuentra localizado en la zona noreste del departamento de Chontales, a 152 km de Managua, la capital de Nicaragua.¹ Este municipio cuenta con una extensión territorial de 277 Km².

Figura 1 Vista general de casco urbano de San francisco de Cuapa



Fuente: Elaboración propia

San Francisco de Cuapa está ubicado en las coordenadas geográficas 12° 16´ 0” de latitud Norte y 85° 23´ 0” de longitud Oeste y tiene los siguientes límites:

- Al Norte: municipio de Camoapa,
- Al sur: municipio de Juigalpa,
- Al Este: municipio La Libertad,
- Al oeste: municipio de Comalapa.

¹ Ficha técnica Municipal de San Francisco de Cuapa. INIFOM.(S.F.)

[illegible]

3.2 Población

La población del casco urbano de San Francisco de Cuapa hasta junio del año 2005 era de 2,161 habitantes y la población rural era de 3,346 personas.

El municipio de San Francisco de Cuapa cuenta con territorios, tanto a nivel urbano como rural (ver tabla 1).

Tabla 1 Distribución poblacional por zona del municipio de San Francisco de Cuapa.

| Tipo | Zonas | Habitantes |
|-----------------|------------------|-------------------|
| Barrios | Villa Hermosa | 347 |
| | Buenos Aires | 344 |
| | Los Laureles | 119 |
| | Calle Central | 258 |
| | La Plaza | 574 |
| | Las Rosas. | 519 |
| Comarcas | | |
| | El Venado | 69 |
| | El Silencio | 187 |
| | El Sancudo | 105 |
| | El Silencio N° 1 | 251 |
| | Matayagual | 133 |
| | El Cangrejal | 175 |
| | El Cedral | 292 |
| | El Pintor | 287 |
| | La Montañuela | 133 |
| | El Tule | 115 |
| | Llano Grande | 492 |
| | El Carmen | 226 |
| | Chavarría | 300 |
| | Despoblado | 114 |
| | El Tamarindo | 121 |
| | Santa Juana | 346 |

Fuente San Francisco de Cuapa en cifras (INIDE, 2008)

3.4 Climatología y precipitación

El municipio cuenta con siete zonas de vida diferentes, que van desde bosques sub-tropical muy húmedos con temperaturas menores a 22°C y precipitaciones de 2000-3000 mm anuales, al noreste; hasta bosques sub-tropical cálidos húmedos, con temperaturas de 25°C -27°C y precipitaciones de 1300-1800 mm anuales, hasta el suroeste del territorio.

Figura 3 Clima y vegetación típica del Municipio de Cuapa



Fuente Elaboración propia

3.5 Servicios existentes

3.5.1 Servicio de educación

Según fuentes del Ministerio de Educación (MINED) la población estudiantil es de 1,907 alumnos hasta el año 2016 en la modalidad de pre-escolar, primaria y secundaria. El municipio cuenta con 27 escuelas rurales y 8 círculos de adultos.

Existe un 30% de analfabetismo, en su mayoría mujeres, lo que ha originado que las iglesia y Organismos No Gubernamentales (ONG's) impulsen programas de alfabetización.

Se ha formado una red a nivel nacional y departamental para agrupar todos los sectores en este esfuerzo que será rectorado por el MINED y cuyo objetivo es dar a conocer el nuevo sistema de alfabetización mediante el sistema de fichas, el ABC en español, el ABC de matemáticas y la cartilla tradicional.

3.5.2 Salud

La delegación del Ministerio de Salud (MINSA) cuenta con un total de recurso humano de 15 trabajadores: 1 médico, 1 odontólogo, 2 auxiliares, 7 trabajadores y 4 personas en la parte administrativa.

Existe un centro de salud en el casco urbano, dos Casas Base ubicadas en Matayagual y la Esperanza y un puesto de salud en Llano Grande.

Tienen organizados 15 brigadistas y 9 parteras.

El centro de salud atiende consultas externas, emergencias, Pediatría, Odontología, Ginecología y laboratorio.

El municipio de San Francisco de Cuapa cuenta con el servicio domiciliario de energía eléctrica, cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Energía Eléctrica (ENEL). La demanda de energía eléctrica se ha incrementado en los últimos dos años y comprende circuitos independientes para el servicio eléctrico domiciliario en el sector Urbano y en los poblados de Llano Grande y el Pintor; los cuales cuentan con 130 nuevos abonados aproximadamente.²

El alumbrado público está mejorado, se inició con la calle central colocando 40 nuevas luminarias y se dio seguimiento a los barrios más pobres como: El Edén, Buenos Aires, Los Laureles, La Plaza, Villa Hermosa, el Rodeo uno y dos. Todos los barrios sintieron el apoyo de la municipalidad en la compra de materiales y en facilitar la conexión en las casitas humildes y más pobres.

² Ficha técnica Municipal de San Francisco de Cuapa. INIFOM.(S.F.)

3.5.4 Telecomunicaciones

El municipio cuenta con un deficiente servicios públicos de telefonía y correos en el sector urbano administrado por la Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL).

Se cuenta solo con nueve conexiones domiciliarias en el sistema automático y aunque poseen una moderna torre de comunicaciones en el municipio, el servicio sigue siendo deficiente. Posee conexiones ínter local con un total de 22 abonados a esta modalidad, atendidos por el servicio público en horarios de oficina solamente.

3.5.5 Agua potable y alcantarillados

La disponibilidad del recurso agua en San Francisco de Cuapa es muy baja, lo que permite un abastecimiento irregular o escasez en épocas de verano y con alto grado de contaminación durante el invierno.

En su cabecera municipal cuenta con el servicio público de agua potable cuya administración está a cargo de ENACAL, que es la que le brinda mantenimiento, teniendo a un empleado que se encargan de realizar las reparaciones y el cobro por el servicio, así como vigilar el sistema, teniendo un total de 666 conexiones domiciliarias.

El sistema de abastecimiento se lleva a cabo con el sistema de gravedad proveniente del cerro Oluma y cerro la Mica, además del abastecimiento por bombeo de dos pozos perforados en el casco urbano, en el tiempo de estiaje.

En lo que se refiere al alcantarillado en este municipio no cuenta con ese servicio, ni con el drenaje de aguas pluviales, estas son encausadas de forma natural y caen en las quebradas y ríos.

En la zona rural el 18 % de los habitantes se abastecen de pozos públicos, 3 % de puestos públicos, el 12% de pozos familiares, el 8% de agua de río, y es más significativo aun cuando un 56 % se abastece de ojos de agua, mientras un 2 % toma agua de quebradas y un 1% tiene conexión intra domiciliar.

Para mitigar la escasez de agua en el área urbana se procedió a perforar ocho nuevos pozos, donde la comunidad se compromete a poner todas las obras exteriores y la Alcaldía facilita el proceso, en cuanto a legalidad del terreno, contacto con la comunidad, etc.

3.6 Medio biológico

3.6.1 Fauna

Entre las principales especies de fauna silvestre en el Municipio, se encuentran las siguientes: Cuyuso (*Potos flavus*), Zahino (*Tayassu tajacu*), Mapachin (*Procyon lotor*), Cusuco (*Dasypus novemcinctus*), Puerco Espin (*Coendou mexicanus*), Gato Ostoche (*Urucyon cinereoargenteus*), Tigrillo (*Felis pardalis*), Ardilla (*Sciurus deppei*), Coyote (*Canis latrans*), Guatuza,

Figura 4 Especies existentes en el municipio de San francisco de Cuapa.



Fuente Caracterización municipal San francisco de Cuapa, Alcaldía Municipal)

Es importante mencionar que la mayor parte de la fauna que habita el municipio de Cuapa, se encuentra peligro de extinción de la zona, esto ha sido ocasionado básicamente por la influencia del hombre, cacería, ampliación de las áreas productivas y se afecta por los problemas climatologías que está sufriendo el planeta.

3.6.2 Flora

La vegetación predominante en el municipio es de pastizales más malezas y considerables áreas boscosas; entre las especies más comunes encontramos: Guácimo molenillo (*Luchea candida*), Guásimo de ternero (*Guasuma ulmifolia*), Quebracho (*Lisiloma divaricata*), Madroño (*Calycophyllum candidissimum*), Guanacaste blanco (*Albizia caribea*), Laurel (*Cordia allidora*), Jiñocuabo (*Bursera simarubra*), Caraña (*Bursera graveolens*), Helequene (*Eritrina bertecoana*), Guaba (*Inga paterno*), Güiligüiste (*Karwinskia calderonii*), Níspero (*Manilkara achras*), Zopilote (*Vochysia ferruginea*), Guapinol (*Hymenoclea courbaril*), Carao (*Caesia arandis*), Gavilán (*Albizia quachapele*), Roble macueli (*Tabebuia rosea*), Cedro (*Cedrela odorata*), Madero negro (*Gliricidia sepium*), Genízaro (*Pithecolobium saman*), Jícaro (*Crescentia alata*).

Figura 5 Flora del municipio de San Francisco de Cuapa



Fuente Elaboración propia.

3.6.3 Características orográficas principales

Las elevaciones más importantes son: Cerro Margarita (958 msnm), Cerro La Victoria (891), Cerro Buena Vista (872), Cerro Las Cuchillas (865), Matayagual (828), Cerro Tumbé (818), Cerro El Parlamento (758), Cerro Oluma (760 m), Cerro La Mica (595). Una elevación importante, de interés turístico es La Piedra de Cuapa.

Figura 6 Bosque típico de la zona



Fuente Caracterización municipal San Francisco de Cuapa, Alcaldía Municipal)

3.6.4 Cuencas

Hidrográficamente, los ríos de San Francisco de Cuapa pertenecen a dos cuencas: unos son afluentes para aquellos que desembocan en el Gran Lago de Nicaragua, otros son afluentes que desembocan en el río Grande de Matagalpa, que a su vez desemboca en el Caribe.

De la vertiente del Gran Lago sobresalen el río de Cuapa, el Pirre y el Higo. De la vertiente del Caribe sobresale el río Murra.

Figura 7 Quebrada Santa Faustina.



Fuente Elaboración propia

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Estudio poblacional

El estudio de la población consiste fundamentalmente en analizar su estructura en un momento dado: número absoluto y distribución por edad, sexo etc., y ciertos caracteres cualitativos como estado sanitario, nacionalidad, etc., trata de realizar previsiones sobre su evolución, en un futuro más o menos próximo, partiendo de ciertas hipótesis acerca de las características anteriormente citadas.

4.1.2 Proyección de la población

Una proyección de población es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Con el fin de determinar la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad y definir el tipo de tratamiento de la población existente y futuras extensiones del servicio es necesario predecir la población para un número de años, que será fijado por los períodos económicos del diseño, es decir, para un periodo económico de diseño.

4.1.3 Métodos de cálculo

4.1.3.2 Tasa de crecimiento geométrico o método Geométrico³

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico.

- 1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
- 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.
- 3) Si el promedio de la proyección de población por los métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:

³ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales.

- a) Mayor del 4%, la población se proyectara en base al 4%, de crecimiento anual.
- b) Menor del 2.5%, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.
- c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

4.2 Cantidades de aguas residuales

El sistema de alcantarillado de aguas residuales está constituido por el conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a recoger, evacuar, acondicionar y descargar las aguas usadas provenientes de un sistema de suministro de agua; así que los aportes de aguas que circulan por esas tuberías están casi en su totalidad constituidos por los consumos de aguas para fines domésticos, comerciales e industriales. Se puede observar que no toda el agua abastecida por el acueducto vuelve, en forma de agua usada a la cloaca, debido a que una parte es descargada fuera del sistema de recolección.

4.2.1 Consumo domestico ⁴

Se conoce como consumo doméstico a todas las aguas provenientes de las viviendas, edificios públicos y otras instalaciones de las actividades netamente domésticas como inodoros, fregaderos, baños, trituradores de basura, etc.

En las tablas siguientes se muestran valores guías de dotación para diferentes usos y localidades del país.

⁴ Apuntes de Ing Sanitaria II, Ing María Elena Baldizon.

Tabla 2 Dotaciones de agua para las ciudades del país.

| Rango de población | Dotación lt/hab/día |
|------------------------|---------------------|
| 0 - 5,000 | 75 |
| 5,000 - 10,000 | 95 |
| 10,000 - 15,000 | 113 |
| 15,000 - 20,000 | 132 |
| 20,000 - 30,000 | 151 |
| 30,000 - 50,000 | 170 |
| 50,000 - 100,000 y más | 189 |

Fuente Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, (INAA)

4.2.1 Consumo comercial, Industrial y publico⁴

Consumo comercial: Son las aguas que provienen de locales comerciales como mataderos, pequeñas industrias y otras instalaciones públicas y que suelen estar conectadas a un sistema de alcantarillado común.

Consumo industrial: Son las aguas de todo tipo producidas por grandes plantas industriales.

Consumo público: Es la cantidad de agua utilizada por instituciones gubernamentales, hospitales, escuelas, etc.

Para este tipo de consumo, tomando en cuenta las distintas ciudades y localidades del País, exceptuando Managua, se deberá usar los porcentajes del cuadro siguiente de acuerdo a la dotación diaria:

⁴ Apuntes de Ing Sanitaria II, Ing María Elena Baldizón.

Tabla 3 Porcentajes de consumo comercial, industrial y público de acuerdo a la dotación domestica diaria.

| Consumo | Porcentaje (%) |
|-------------------------|----------------|
| Comercial | 7 |
| Publico o institucional | 7 |
| Industrial | 2 |

Fuente Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, (INAA)

4.2.2 Gasto de Infiltración (Qinf)³

En las tuberías de conducción del sistema de alcantarillado sanitario no se puede evitar la infiltración de aguas subterráneas principalmente freáticas a través de fisuras en los colectores, juntas mal construidas, en la unión de colectores con las cámaras de inspección y en las mismas cámaras cuando permiten infiltración de agua.

- 1) Para tuberías plásticas 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro según las Guías técnicas para el diseño de Alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, INAA.

4.2.3 Gasto medio (Qm)⁴

El gasto promedio de aguas residuales se deberá estimar igual al 80% de la dotación del consumo de agua. El proyectista deberá revisar las estadísticas operativas del sistema de agua potable en la localidad en estudio para determinar las dotaciones, justificando su selección.

4.2.4 Gasto de diseño (Qd)³

El caudal de diseño para alcantarillas es el caudal máximo, para el caso de alcantarillado con un adecuado control en las conexiones domiciliarias más

³ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales.

caudales adicionales como Caudal de infiltración más Caudales Especiales, que pueden ser, comercial, industrial, institucional u otros.

4.2.5 Factor de Harmon.

El caudal máximo de aguas residuales domesticas se deberá determinar utilizando el factor de relación de Harmon.

4.3 Periodo de diseño

Cuando se trata de diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad; qué partes deben considerarse a construirse en forma inmediata y cuáles serán las previsiones que deben de tomarse en cuenta para incorporar nuevas construcciones al sistema. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema.

Tabla 4 Periodo de diseño económico para las estructuras de los sistemas.

| Tipo de estructuras | Características Especiales | Periodo de diseño(años) |
|---|---|--------------------------------|
| Colectores Principales Emisarios de descarga | Difíciles y costosos de agrandar | 10 a 50 |
| Tuberías secundarias hasta ø 375 mm | | 25 o mas |
| Planta de tratamiento de aguas servidas | Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir | 10 a 25 |
| Edificaciones y estructuras de concreto | | 50 |

Fuente Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y sistema de tratamiento de Aguas Residuales de INAA.

4.4 Hidráulica de las alcantarillas³

4.4.1 Formula y coeficiente de rugosidad

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se deberá hacer en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning.

El coeficiente de arrastre es una cantidad adimensional que se usa para cuantificar el arrastre o resistencia de un objeto en un medio fluido como el aire o el agua. Es utilizado en la ecuación de arrastre, en donde un coeficiente de arrastre bajo indica que el objeto tendrá menos arrastre aerodinámico o hidrodinámico. El coeficiente de arrastre está siempre asociado con una superficie particular.

Tabla 5 Coeficiente de rugosidad n

| Material | Coeficiente n | Material | Coeficiente n |
|----------------------|-----------------|---|-----------------|
| Concreto | 0.013 | Hierro galvanizado ($H^{\circ}G^{\circ}$) | 0.014 |
| Polivinilo (PVC) | 0.009 | Hierro fundido ($H^{\circ}G^{\circ}$) | 0.012 |
| Polietileno (PE) | 0.009 | fibra de vidrio | 0.01 |
| Asbesto Cemento (AC) | 0.01 | | |

Fuente Apuntes de Ingeniería Sanitaria .Ing. María Elena Baldizón

4.4.2 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de las tuberías de recolección deberá ser de 150 mm.

4.4.3 Pendiente longitudinal mínima

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá determinar aplicando el criterio de la Tensión de Arrastre, la cual deberá ser mayor a 1 Pa según las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, INAA.

³ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales.

4.4.4 Cambio de diámetro

El diámetro de cualquier tramo de tubería deberá ser igual o mayor que el diámetro del tramo aguas arriba, por ningún motivo será menor. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, el diámetro de la tubería de salida deberá ser igual o mayor que el de la tubería de entrada de mayor diámetro.

En los cambios de diámetros, deberán coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de ambas tuberías. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, deberán coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de la tubería de entrada a nivel más bajo con el de la tubería de salida.

4.4.5 Ángulos entre tuberías

En todos los pozos de visitas o cajas de registro, el ángulo formado por la tubería de entrada y la tubería de salida deberá tener un valor de 90° y máximo de 270° medido en sentido del movimiento de las agujas del reloj y partiendo de la tubería de entrada.

4.4.6 Ubicación de las alcantarillas

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se deben ubicar al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se deberán ubicar al Oeste de la línea central de la vía.

En caso de pistas de gran anchura se deberán colocar dos líneas, una en cada banda de la pista. Las alcantarillas deberán colocarse debajo de las tuberías de agua potable y con una separación mínima horizontal de 1.50 m.

4.4.7 Conexiones domiciliarias

Las tuberías que conectan las descargas de agua residual de las edificaciones, desde la caja de registro hasta las tuberías recolectoras del alcantarillado

sanitario, son denominadas conexiones domiciliarias. Ellas deberán instalarse por debajo de las tuberías del acueducto, inclusive de las tuberías inter domiciliarias.

Su diámetro mínimo deberá ser de 100 mm, para viviendas unifamiliares. Para el caso de hoteles, hospitales, colegio, etc. su diámetro se podrá determinar considerando la cantidad de artefactos sanitarios y aplicando el método de Hunter para obtener el caudal de descarga. La pendiente mínima podrá estar entre el 1 y 2% dependiendo de la profundidad de la recolectora.

Cuando la recolectora se encuentre a gran profundidad se puede utilizar tubería vertical envuelta en concreto ,llamada chimenea, que termina a una profundidad adecuada por debajo de la superficie y la domiciliar de la edificación se conectara al ramal por la parte superior de la chimenea.

4.5 Pozos de visita sanitarios (P.V.S)³

4.5.1 Ubicación

Se deberán ubicar pozos de visita (PVS) cámaras de inspección, en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas, en el extremo de cada línea cuando se prevean futuras ampliaciones aguas arriba, en caso contrario se deberán instalar ‘registros terminales’.

4.5.2 Distancia máxima entre pozos

El espaciamiento máximo entre los PVS deberá variar, de acuerdo con los métodos y equipos de mantenimiento disponibles.

³ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales

Tabla 6 Espaciamiento máximo entre pozos de visita

| 1.Con equipo técnicamente avanzado | Diámetro (mm) | Separación máxima(m) |
|------------------------------------|---------------|----------------------|
| | 150-400 | 150 |
| | 450 y mayores | 200 |
| 2 .Con equipo tradicional | 150-400 | 100 |
| | 450 y mayores | 120 |

Fuente Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y sistema de tratamiento de Aguas Residuales de INAA.

4.6 Métodos de tratamiento de las aguas residuales

4.6.1 Clasificación y aplicación de los métodos de tratamientos del agua residual

Las aguas residuales pueden eliminarse por métodos Físicos, Químicos y Biológicos. Los métodos individuales se describen por operaciones físicas unitarias, procesos Químicos unitarios y procesos Biológicos unitarios.

En las operaciones físicas, prevalece la aplicación de las fuerzas físicas, entre estas operaciones se pueden emplear rejillas, mezclado, floculación, sedimentación, flotación y filtración.

En los procesos químicos: se producen la eliminación de contaminantes, esto es provocado por la adición de compuestos químicos o por otras reacciones químicas como la precipitación, transferencia de gases, adsorción y la desinfección.

Los procesos biológicos son métodos de tratamiento en los cuales se logra la eliminación de contaminantes por medio de la actividad biológica. El tratamiento biológico se emplea particularmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales y disueltas) presentes en el agua residual, convirtiéndose estas en gases que pueden escapar a la atmósfera y en tejido

celular biológico que puede eliminarse por sedimentación. Dependiendo que tipo de bacterias puede ser un proceso aerobio, anaerobio o facultativo.

4.6.2 Tipos de tratamientos

Los tipos de tratamientos se determinaran en dependencia del nivel de aplicación del tratamiento y de las características de las aguas residuales, pueden ser: Tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios. Las unidades más importantes de cada uno se presentan en la tabla 7.

Tabla 7 Unidades de tratamientos de aguas residuales

| Tratamiento Preliminar | Tratamiento Primario | Tratamiento secundario | Tratamiento terciario |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rejas ➤ Tamices ➤ Reguladores de Caudal | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sedimentación (tanque séptico)flotación ➤ Digestión y secado De lodos ➤ Sistemas Compactos(tanque Imhoff) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lagunas de estabilización: Facultativas, aerobias y aireadas ➤ Biofiltro ➤ cloración | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lagunas de maduración ➤ Lagunas de micrófitos (humedales) ➤ Biofiltro |

Fuente Apuntes de Ingeniería Sanitaria .Ing. María Elena Baldizon

Tabla 8 Rendimiento de los diferentes procesos de tratamientos de aguas residuales

| Proceso | DBO ₅ | Sólidos en suspensión | Bacterias | Coliformes |
|--|------------------|-----------------------|-----------|------------|
| Rejas finas | 5-10 | | 5-20 | |
| Cloración de desecho bruto | 15-30 | | 90-95 | |
| Sedimentación simple | 24-45 | 40-70 | 25-75 | 40-60 |
| Precipitación química | 45-85 | 65-90 | 40-80 | 60-90 |
| Filtración biológica (incluyendo decantación) | 75-90 | 70-90 | 90-95 | 80-90 |
| Lodos activos (incluyendo decantación) | 80-97 | 85-95 | 90-98 | 90-96 |
| Filtración intermitente con arena | 85-95 | 85-95 | 95-98 | 85-95 |
| Cloración de desechos tratados biológicamente | | | 98-99 | |

Fuente Apuntes de Ingeniería Sanitaria II, tratamiento de aguas residuales

4.6.2.1 Tratamientos preliminares

Estos tratamientos son destinados a preparar las aguas residuales para que reciban los tratamientos subsiguientes, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Las unidades de tratamiento preliminares más importantes son:

- Separación de solidos gruesos: rejas, rejillas, tamices, filtros gruesos.
- Separación de solidos suspendidos y sedimentables: desarenadores, sedimentadores, centrifugadores, filtros finos. Separación de grasas: retenedores de grasas.
- Separación de gases: aireación tanque de compensación y/u homogenización.

4.6.2.1.1 Rejas

Son universalmente usadas en la remoción de sólidos y cuerpos flotantes y constituyen la primera unidad de tratamiento. Son un conjunto de barras colocadas una al lado de la otra, éstas pueden ser rectangulares o circulares y con un determinado grado de inclinación. Tienen como función el atrapar sólidos mayores tales como papeles, envases, trozos de madera, etc.

4.6.2.1.2 Desarenadores

Un desarenador convencional es un tanque construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Este elemento constituye un tratamiento preliminar y en algunos casos es necesario realizar un tratamiento convencional de purificación de aguas.

Deberán emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con lo siguiente:

- Protección de equipos mecánicos contra la abrasión.
- Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales.
- Reducción de la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos.
- Minimizar las pérdidas de volumen en tanques de tratamiento biológicos.

Existen dos tipos generales de desarenadores: de flujo horizontal y aireado.

Los desarenadores de flujo horizontal, para aguas residuales, se diseñan para una velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 30 cm/s. dicha velocidad permite el transporte de la mayor parte de las partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y tiende a re suspender el material orgánico sedimentado, pero permite el asentamiento del material inorgánico pesado. En la práctica, para facilidad de construcción se usan desarenadores de sección trapecial, aproximada a la sección de diseño parabólica. Generalmente los desarenadores para aguas residuales se diseñan para remover todas las partículas de diámetro mayor de 0.20 mm.

4.6.2.2 Tratamientos primarios

Proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión u otros procesos en los que la DBO_5 de las aguas residuales que entren se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca por lo menos en un 50%.

4.6.2.2.1 Decantadores

Los decantadores son unidades destinadas a remover sólidos sedimentables que incluyen pocas partículas granulares y muchas floculantes.

De acuerdo con el funcionamiento:

- Tanques sépticos: sistemas convencionales de tratamiento de agua residuales ampliamente utilizados en las áreas rurales por su costo relativamente bajo y el limitado mantenimiento que requieren, largos periodos de detención de 12 a 24 horas ocasionando su estado séptico
- Tanque Imhoff: Dos cámaras bien definidas una superpuesta destinada a la decantación, una cámara inferior donde se procesa la digestión de la materia orgánica depositada. Periodos de retención normales.
- Decantadores comunes y separadores: tanques donde se verifica apenas la sedimentación, los lodos son removidos periódicamente.

4.6.2.3 Tratamientos secundarios o Biológicos

Los tratamientos secundarios eliminan la materia orgánica biodegradable de las aguas, que no ha sido retirada por el tratamiento primario. Este puede ser de tipo aeróbico o anaeróbico, eliminados de un 40 a un 60 % de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40 % la DBO_5 en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. En el tratamiento secundario se aceleran los procesos naturales de eliminación de residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos.

Mientras que el tratamiento biológico de aguas residuales consiste en aclimatizar una flora bacteriana (biomasa) que utilice la materia orgánica como alimento (sustrato), convirtiéndola en gases (CO_2) que escapan a la atmosfera y en tejido celular de las bacterias, que puede ser removido por sedimentación.

4.6.3 Clasificación de sistemas de tratamientos secundarios

Los sistemas de tratamientos pueden clasificarse en convencionales y no convencionales.

Los procesos convencionales abarcan aquellos que involucran mecanización de los sistemas, en tanto que los no convencionales no involucran mecanización pero requieren grandes áreas de terreno y están enfocados mayormente al tratamiento de aguas servidas domésticas. Entre estos sistemas se encuentran las lagunas de estabilización, lagunas anaeróbicas y ``Wetlands`` (lagunas de baja profundidad con presencia de plantas acuáticas). El diseño de estas unidades esta en general basado en el tiempo de retención y en la carga orgánica aplicada por unidad de superficie, lo que conlleva grandes requerimientos de superficie para la generalidad de los casos.

A continuación, se describen las principales características de las alternativas de tratamiento comúnmente adoptadas.

4.6.3.1 Alternativas de tipo no convencional

4.6.3.1.1 lagunas de Estabilización

Dentro de este tipo de alternativas, las de mayor difusión las constituyen las lagunas de estabilización, con unos amplios espectros de configuraciones dependiendo de los componentes unitarios involucrados. Las más aplicadas contemplan en general las siguientes configuraciones.

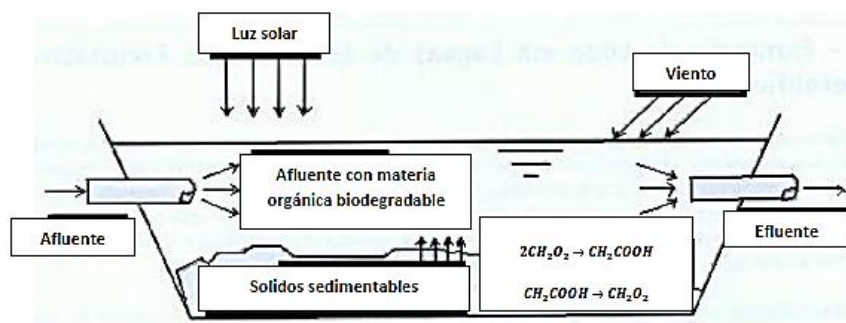
- Facultativas en serie y/o paralelo
- Anaeróbicas-facultativas.

4.7 Sistema de tratamiento de aguas residuales³

4.7.1 Lagunas de estabilización

El tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización, es el más simple que existe. Las lagunas están constituidas por excavaciones poco profundas, cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular o cuadrada. Las lagunas de estabilización son fundamentales reservorios artificiales que comprenden una o varias series de lagunas facultativas, anaerobias, aireadas y de maduración.

Figura 8 Comportamiento fisicoquímico de laguna de estabilización



Fuente Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente (CEPIS)

4.7.2 Lagunas Facultativas

Las características principales de este tipo de lagunas son: el comensalismo entre algas y bacterias en el estrato superior, y la descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados en el fondo.

Las lagunas facultativas pueden ser de dos tipos: lagunas facultativas primarias, las cuales reciben las aguas crudas, y las lagunas facultativas secundarias, que reciben las aguas sedimentadas de la etapa primaria (usualmente el efluente de

³ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales

una laguna anaerobia). Son diseñadas para remoción de Demanda Bioquímica de (DBO_5) en base a una baja carga orgánica que permita el desarrollo de una población activa de algas. De esta manera, las algas generan el oxígeno requerido por las bacterias heterotróficas para remover la Demanda Bioquímica de (DBO_5) soluble. Este es un método fácil y eficiente para tratar aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario.

4.7.3 Lagunas Anaerobias

La laguna anaeróbica o laguna anaerobia es un bioreactor que combina la sedimentación de sólidos y su acumulación en el fondo, con la flotación de materiales del agua residual en la superficie y con biomasa activa suspendida en el agua residual o adherida a los lodos sedimentados y a la nata flotante.

Una laguna anaerobia puede considerarse un proceso anaerobio a tasa baja en el cual la materia orgánica es estabilizada mediante su transformación en dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) principalmente.

4.7.4 Lagunas aireadas

Las lagunas aireadas serán empleadas como primera unidad de un sistema de tratamiento, en casos donde la disponibilidad de terreno es limitada, o para el tratamiento de residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales.

4.7.5 Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración tienen como objetivo principal la de reducir la concentración de bacterias patógenas. Estas lagunas generalmente son el último paso del tratamiento antes de volcar las aguas tratadas en los receptores finales o de ser reutilizadas en la agricultura.

A veces se construyen lagunas de maduración como etapa final del tratamiento de otros sistemas de depuración, como fangos activados, con lo que sustituyen a la cloración, que suele ser el método más común de desinfección en estos sistemas.

4.7.5.1 Aplicaciones de lagunas de estabilización

Si se utiliza la tecnología de lagunas de estabilización, se recomienda el uso de más de una laguna de tratamiento porque cuánto más lagunas en serie se utilizan, se tiende a un flujo pistón ideal. También es mayor la flexibilidad en la operación y el mantenimiento: las lagunas en paralelo suelen emplearse en las lagunas primarias, debido a que esta disposición permite operarlas alternadamente, desactivando una para efectuar la limpieza, sin detener el proceso. Facilita así, la remoción periódica de sólidos. También son recomendadas cuando:

- Se dispone de suficiente terreno a un bajo costo.
- El tamaño de la futura planta de tratamiento no justifica un nivel de operadores calificados.
- Si se desea obtener un líquido residual tratado con una alta calidad desde el punto de vista bacteriológico.
- Requieren muy poco o nulo suministro de energía, dado que remueven la materia orgánica a través de procesos naturales y la disponibilidad de oxígeno está vinculada a procesos naturales. Sólo se requiere energía para bombear el líquido residual a la primera laguna.
- Operación sencilla, no necesitan personal especializado. Sólo actividades de mantenimiento y limpieza: eliminar material acumulado y flotante-
- Generan muy poco barro en exceso, por ello no requieren sistemas de tratamiento de lodos.
- Debido a los extensos tiempos de tratamiento, son muy buenos sistemas de ecualización.
- No hay mezcla suficiente, los sólidos sedimentables son removidos por decantación
- Remueven eficientemente microorganismos patógenos, por lo que, son consideradas la mejor tecnología para obtener agua para riego.

4.7.6 Tanques sépticos⁴

El sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbico de flujo ascendente, se usa para tratar aguas servidas de pequeñas comunidades, obteniéndose resultados satisfactorios. Se utilizan donde no se pueden asegurar una operación constante y un personal especializado. Toda instalación compuesta por tanque séptico y filtro anaeróbico ascendente se deberá proveer de sus respectivas eras (lechos) de secado para la deshidratación del lodo digerido procedente del tanque séptico.

Los tanques sépticos se diseñan fundamentalmente para la remoción de la carga de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos disueltos totales y sólidos sedimentables con la finalidad que cumplan con las normas de vertido de efluente descritas En el decreto 33-95 *“Disposiciones para el control contaminación provenientes descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias”* En estos tanques la parte sólida de las aguas servidas es separada por un proceso de sedimentación, y a través del denominado “proceso séptico” se estabiliza, por la acción de bacterias anaerobias, la materia orgánica de esta agua para lograr transformarla en un lodo inofensivo. Una trampa de grasa, o triturador se debe proveer anterior al tubo de entrada de aguas residuales. Los tanques sépticos seguidos de un sistema de absorción en el suelo constituyen sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales ampliamente utilizados en las áreas rurales por su costo relativamente bajo y el limitado mantenimiento que requieren. Las soluciones que se adoptan para pequeños núcleos de población (con un tope entre los 2.000 y los 5.000 habitantes) deben tener en cuenta que los costos de construcción y de mantenimiento de las instalaciones pequeñas, muchas veces puede ser mayor (en costo por habitante) que las instalaciones mayores

⁴ Apuntes de Ing Sanitaria II, Ing María Elena Baldizón.

4.7.7 Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente⁴

El Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente o FAFA, es un componente ocasional de plantas de tratamiento. Esta es una alternativa para dar un tratamiento complementario al efluente de un tanque séptico. La función del filtro, también llamado reactor anaerobio tiene por finalidad reducir su carga contaminante de las aguas servidas. El agua servida es alimentada al filtro a través del fondo, construido de forma a que permita distribuir el flujo en forma uniforme en toda la sección del filtro. El agua a ser tratada se hace pasar a través de un cuerpo poroso, llevándola al contacto con una fina biopelícula de microorganismos adheridos a la superficie, o floculados, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia.

Los filtros anaerobios generalmente operan, con una razonable eficiencia de remoción de carga contaminante, en el rango mesofilico de temperaturas, es decir, entre 25 y 38 °C

4.7.8 Tanque Imhoff

El tanque Imhoff, análogo a las fosas sépticas, es un sistema de tratamiento anaerobio de dos pisos, en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

⁴ Apuntes de Ing Sanitaria II, Ing María Elena Baldizón.

El Tanque Imhoff se emplea como tratamiento previo a sistemas de aplicación al terreno, y como Tratamiento Primario, previo a Humedales Artificiales, Contactores Biológicos Rotativos o Lechos Bacterianos. El límite de aplicación suele fijarse en los 300-500 habitantes, si bien, pueden implantarse varios módulos con los que se incrementa el rango de aplicación. Por otro lado, y dado que no constituyen un sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas en sí mismo, conviene complementarlos con otras tecnologías de tratamiento.

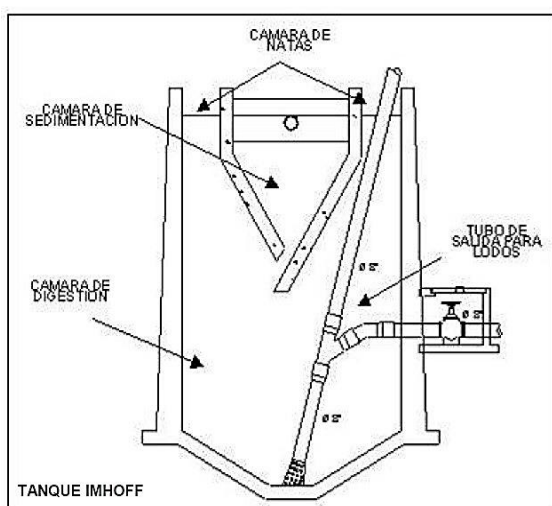


Figura 9 Estructura del Tanque Imhoff

Fuente Guías para el diseño de tanques Sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización. CEPIS

4.8 Criterios para la ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

La Ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) deben cumplir con todos los criterios establecidos en el Acápite 6 de la Norma técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reuso.(NTON 05 027-05).

- La ubicación de las STAR debe tomar en cuenta los planes de desarrollo urbano de la Municipalidad o Localidad.
- El terreno donde se construya la STAR no debe ser un área inundable. No se permite la construcción en lugares en pantanales, humedales (Swampoo), marisma y similares.
- El área del terreno donde se ubique o se instale un STAR debe tener una pendiente menor de 5 %.

- la instalación o construcción de los STAR deben estar ubicados a sotavento de cualquier actividad donde haya permanencia de personas por más de 8 horas, de tal manera que el aire circule de las actividades hacia el sitio de la ubicación del STAR y no lo contrario.
- La distancia de separación entre la instalación o construcción de cualquier STAR, y viviendas, fuente de abastecimiento y nivel freático.
- La distancia mínima entre los STAR y campos de pozos de abastecimiento de agua potable debe ser en un radio de 1000 metros medidos desde el pozo más cercano.
- Todo STAR que se ubique en áreas protegidas debe solicitar la autorización o permiso ambiental al MARENA según corresponda. En el caso de áreas protegidas con planes de manejo, el sitio de ubicación de los STAR deberá registrarse según la zonificación y su normativa correspondiente.
- Cuando la descarga o disposición final del efluente de un STAR se requiera en Aguas superficiales, debe ser autorizado por el MARENA según el tipo de corriente, uso del recurso y actividades que se realicen en el punto de descarga. En el caso de los ríos y quebradas se debe tomar en cuenta el uso y las actividades que se realicen aguas abajo.
- La distancia entre un STAR y un aeropuerto, aeródromo o una terminal aérea, debe ser establecida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- La instalación de un STAR con respecto a la profundidad del manto freático debe ser como mínimo de 2m a partir del fondo del STAR y cumplir con las especificaciones siguientes.
 - a) Para suelos limosos y limo – arenoso se debe proceder a impermeabilizar y compactar el área al 95% próctor standard.
 - b) En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.
- En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.

4.9 Calidad de vertido

En Nicaragua la Calidad de los Efluentes vertidos a un cuerpo receptor provenientes de un sistema de tratamiento están regidos en el Decreto No.33-95 “*Disposiciones para el control contaminación provenientes descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias*” el cual establece los siguientes artículos:

1. Arto.22: los límites máximos permisibles de coliformes fecales medidos como número más probable no deberá exceder de 1000 por cada 100 en el 80 % de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5000 por cada 100 ml.
2. Arto 23: los parámetros de calidad de vertido luido provienen de los sistemas de tratamiento de los alcantarillados que sean descargados directa e indirectamente a los cuerpos receptores, deberán cumplir en los rangos deberán cumplir en los rangos y límites máximos permisibles expresados a continuación.

Para poblaciones hasta 75,000 habitantes.

Tabla 9 Parámetros para calidad de vertido

| Parámetros | Rango y límites máximos permisibles promedio diario |
|---|---|
| pH | 6-9 |
| Solidos suspendidos totales (mg/1) | 100 |
| Grasas y aceites (mg/1) | 20 |
| Solidos sedimentables (m/1) | 1.0 |
| DBO (mg/1) | 110 |
| DQO (mg/1) | 220 |
| Sustancias activas al azul de metileno (mg/1) | 3 |

Decreto No.33-95 “Disposiciones para el control contaminación provenientes descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias”

V. DISEÑO METODOLOGICO

Los parámetros para el desarrollo del diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario, se obtuvieron principalmente de las guías técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales de INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados), en los criterios de Hidráulica y en los conocimientos básicos de Ingeniería Sanitaria. La metodología se desarrolló en las siguientes actividades:

5.1 Etapa de conceptualización

5.1.1 Reconocimiento de zona

Se realizó visita a la zona para su reconocimiento, verificándose los datos proporcionados por la Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa acerca del estudio topográfico, se verificó el uso de suelo actual y áreas de expansión del municipio.

5.1.2 Levantamiento topográfico

Se verificó y completó el levantamiento topográfico de acuerdo a información brindada por la Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa, proponiéndose la ubicación de las colectoras principales y planta de tratamiento, de forma que se lograra al máximo posible el drenaje de las aguas por gravedad; por lo que se determinó la necesidad de levantar altimétricamente, complementándose de esta forma el estudio topográfico proporcionado.

5.1.3 Estudio de población

La información base se obtuvo del censo poblacional realizado por el INIDE en el 2005 y del censo Municipal realizado por la Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa en el año 2008, haciendo la proyección de la población utilizando el método de cálculo geométrico.

$$P_f = P_o(1 + i)^n$$

Dónde:

P_f = población al final del periodo de diseño

P_o = población Inicial

i = tasa de crecimiento geométrico

n = periodo en años

5.2 Periodos de diseño

El periodo de diseño se determinó en base a los criterios de la tabla 4-1 del capítulo IV de la “Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales de INAA”

5.3 Diseño del sistema de recolección

5.3.1 Trazado de la red

Una vez analizada la topografía de la zona y realizado el levantamiento Altimétrico del área para el tratamiento de las aguas residuales, se procedió al trazado de la red de recolección y la ubicación de los pozos de visita sanitarios, ubicándose estos de acuerdo a los parámetros de distancia permisibles y cambio de alineación establecidos en las Guías Técnicas para el diseño de Alcantarillados Sanitarios del INAA. Debido a la topografía variable de la zona fue necesaria la ubicación de algunos tramos de tuberías contra pendiente del terreno.

5.3.2 Calculo del área de drenaje

Se delimitó el área de drenaje en general, tomando en consideración el uso de suelo y estrategia de crecimiento Urbano con datos proporcionados por la Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa.

Una vez delimitada el área se analizó el plano catastral y el plano topográfico de la ciudad, con los que se ubicó la red de recolectoras según la disposición de los lotes. Las áreas de aportes, se asignaron de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configuraba.

5.3.3 Localización de la red y numeración de pozos de visitas o registros

La localización de la red de recolección se realizó en sentido Norte y Oeste de los ejes centrales de las vías. Los pozos fueron ubicados a una distancia no mayor de 100 m y en cualquier cambio de dirección presentado en la configuración de las vías.

Se trazó la red manteniendo el siguiente orden: Los prefijos PVS-1 se usó para las colectora principal. Para las colectoras secundarias y terciarias se numeró consecutivamente desde aguas arriba hacia aguas abajo.

5.3.4 Caudal de diseño

5.3.4.1 Dotación y Aporte de Aguas Residuales

A como se muestra en la Tabla N°10, en los datos registrados por ENACAL del año 2014 la dotación per-cápita para la población promedio de 2,657 habitantes correspondía a 97 lppd. Según proyecciones realizadas al final del periodo de diseño se determinó que la población correspondía a 4808 habitantes, se examinó las Normas Técnicas de Abastecimiento de Agua Potable NTON 09003-99, las cuales establecen que para un rango de población de 0 - 5,000 habitantes la dotación es de 75 Lppd, considerándose para el diseño el consumo histórico de la ciudad como parámetro para la dotación a emplear en el diseño.

Tabla 10 Análisis de dotaciones

| Dotaciones | | | |
|------------|-------------------|----|------|
| INAA | (0-5000 hab) | 75 | lppd |
| ENACAL | Consumo Historico | 97 | lppd |

Fuente elaboración propia

5.3.4.2 Caudal medio

$$Q_m = D * P * K * C$$

Dónde:

D = Dotación de agua potable, en litros por personas por día.

P = Población conectada al sistema de alcantarillado sanitario.

K = Factor de conexión de la población al alcantarillado sanitario

C = Factor de aguas residuales

5.3.4.3 Caudal máximo

El gasto máximo de aguas residuales domésticas se determinó utilizando el factor de relación de Harmon.

$$FH = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}; \text{ Donde } P = \text{Es la poblacion y esta dada en miles}$$

$$Q_{max} = Q_{prom} + FH$$

5.3.4.4 Caudal Mínimo

Para la verificación del caudal mínimo se aplicó la siguiente relación:

$$\text{Caudal mínimo de aguas residuales} = 1/5 Q_{prom}.$$

5.3.4.5 Factor de retorno

El factor de retorno usado fue del 80%, al ser el valor comúnmente utilizado en nuestro país.

5.3.4.6 Caudal de Infiltración

Para tuberías plásticas 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

5.3.4.7 Caudales especiales

Se consideraron en base a las dotaciones promedio diario de la población de diseño.

Tabla 11 Porcentajes de consumo comercial, industrial y público de acuerdo a la dotación domestica diaria.

| Consumo | Porcentaje (%) |
|-------------------------|----------------|
| Comercial | 7 |
| Publico o institucional | 7 |
| Industrial | 2 |

Fuente Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, (INAA)

5.3.4.8 Caudal de diseño

Se estimó la suma de los diferentes gastos doméstico, comercial, institucional o público.

$$Q_d = Q_{max} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{int}$$

Dónde:

Q_{com} = Caudal comercial

Q_{ind} = Caudal industrial

Q_{int} = Caudal institucional o público

5.3.5 Análisis hidráulico

Determinados los caudales de diseños, el trazado de la red y las pendientes de las tuberías, se procedió al análisis hidráulico de la red, para ello se utilizó una memoria de cálculo en Excel, revisándose las velocidades en la tubería bajo condiciones de caudal lleno y de diseño así como las profundidades de excavación y realizándose cambios de diámetro en las tuberías cuando la relación tirante versus diámetro fuera mayor del 80%. De igual forma se determinaron las elevaciones invert de las tuberías y niveles topográficos de la red.

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se hizo en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning por su sencillez y resultados satisfactorios en su aplicación en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

5.3.5.1 Ecuación de continuidad

$$Q=V.A$$

Dónde:

Q: caudal a tubo lleno en m³/s

V: velocidad de escurrimiento a tubo lleno en m/s

n: coeficiente de rugosidad del material (cuadro 10.1)

R: radio hidráulico

S: pendiente hidráulica.

$$ES = \frac{v^2}{2g} + d$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Carga de velocidad}$$

$$\text{Pendiente} = H / L$$

H: Diferencia de elevación

L: Longitud

5.3.5.2 Pendiente longitudinal mínima.

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado el cual se podrá determinar aplicando el criterio de la tensión de arrastre según la siguiente ecuación:

$$f = W * R * S$$

Dónde:

f = Tensión de arrastre en Pascales

W = Peso específico del líquido en N/m^3

R = Radio hidráulico a gasto mínimo en m

S = Pendiente mínima en m/m

Se recomienda un valor mínimo de $f = 1$ Pa.

5.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales

El diseño de sistema de tratamiento se realizó basado en las Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales dadas por el INAA, de manera que los sistemas cumplieran con los parámetros de diseño descritos en este documento.

La selección del proceso de tratamiento de aguas residuales depende de las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, disponibilidad del terreno y costos de construcción.

5.4.1 Ubicación de los sistemas de tratamiento

Se analizó en el plano catastral del municipio el área donde se ubicó la planta de tratamiento.

Para su localización se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Que el terreno no fuese zona inundable,
- La pendiente promedio del terreno no debía exceder el 5%
- La dirección de los vientos

- La distancia de separación entre la instalación y la vivienda o cualquier tipo de construcción cercanas al sitio de ubicación de la planta.
- Viabilidad topográfica para que el sistema de alcantarillado funcionara completamente por gravedad.

5.4.2 Tratamiento preliminar

5.4.2.1 Canal de Aproximación

Se diseñó a partir de la ecuación de Manning iterando los valores propuestos de ancho y alto hasta que se cumpliera que la velocidad fuera igual o aproximado a 0.45 m/s, de tal forma que no se produzcan turbulencias a la entrada de las rejillas y el material arenoso no se sedimente y produzca una velocidad de paso a través de las rejillas no mayor de 0.60 m/s. Las fórmulas empleadas en el cálculo se muestran a continuación.

Altura Maxima

$$H_{m\acute{a}x} * B \left[\frac{H_{m\acute{a}x} * B}{B + 2H_{m\acute{a}x}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

B: Ancho del canal

Altura media

$$H_m * B \left[\frac{H_m * B}{B + 2H_m} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Velocidad Maxima

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{Q_d}{B * H_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

B: ancho del canal

Qd: caudal de diseño

H_{max}: altura maxima.

Velocidad Media

$$V_m = \frac{Q_m}{B * H_m}$$

B: ancho del canal

Q_m: caudal medio.

H_m: altura media

5.4.2.2 Rejas

Se instalará un sistema de rejas para retener la basura transportada de mayor tamaño, partículas y depósitos de menores dimensiones. Las fórmulas empleadas en el cálculo se muestran a continuación.

La altura máxima (H_{máx}) y media (H_m) de agua en el canal y la Reja se despejan de la igualdad de las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{máx} * b \left[\frac{H_{máx} * b}{b + 2H_{máx}} \right]^{2/3}$$

$$\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_m * b \left[\frac{H_m * b}{b + 2H_m} \right]^{2/3}$$

Dónde:

Q_d = Caudal de diseño

Q_m = Caudal Medio

n = 0.013 (Coeficiente Concreto)

S = Pendiente del Canal

B = Ancho del Canal

Velocidad máxima y media del canal antes de llegar a las rejillas

$$V_{\text{máx}} = \frac{Q_d}{B * H_{\text{máx}}} \quad V_m = \frac{Q_d}{B * H_m}$$

Velocidad de Paso

Velocidad mínima: 0.40 m/s, normal: 0.60 m/s
Máxima: 0.75 m/s hasta 0.90 m/s

$$V_p = \frac{Q_d}{A_u}$$

Dónde:

$Q_d = \text{Caudal de diseño (m}^3/\text{s)}$

$A_u = \text{Area Util}$

Eficiencia

La eficiencia representa la relación entre el área libre y el área total del canal. La eficiencia varía entre 0.60 y 0.85. Se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{a}{a + t}$$

Dónde:

a : Separación entre rejillas

t : Espesor de las rejillas

Área útil

El área libre o de escurrimiento entre barras se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$A_u = \frac{Q_d}{V_{\text{max}}}$$

Dónde:

$A_u = \text{Area util efectiva (m}^2\text{)}$

$Q_d = \text{Caudal de diseño (m}^3\text{/seg)}$

$V_{max} = \text{Velocidad maxima (m/seg)}$

Área total de la reja

Esta área incluye tanto las barras como los espacios libres entre ellas, y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Dónde:

$A_t = \text{Area total de la rejilla (m}^2\text{)}$

$A_u = \text{Area util efectiva (m}^2\text{)}$

$E = \text{Eficiencia de la rejilla adimensional}$

Verificación del ancho de la reja

Para la verificación del ancho de la reja, se utilizó la siguiente ecuación:

$$b = \frac{A_t}{H_{max}}$$

Dónde:

$b = \text{ancho de la rejilla (m)}$

$A_t = \text{Area total de la rejilla (m}^2\text{)}$

$H_{max} = \text{Altura máxima de agua antes de la reja (m)}$

Verificación de la velocidad media

Área total por velocidad media

$$A'_t = b * H_{med}$$

Donde:

A'_t = Area total por velocidad media (m^2)

b = verificación ancho de la reja (m)

H_{max} = Altura media de agua antes de la reja (m)

Área útil por velocidad media

$$A'_u = A'_t * E$$

Dónde:

A'_u = Area util por velocidad media (m^2)

A'_t = Area total por velocidad media (m^2)

E = Eficiencia de la rejilla adimensional

Velocidad media

$$V'_m = \frac{Q_m}{A'_u}$$

Dónde:

V'_m = Velocidad media (m/seg)

Q_m = Caudal medio (m^3 /seg)

A'_u = Area util por velocidad media (m^2)

Perdidas de carga por Kirschmer en rejas limpias

Las pérdidas de carga se calcularon haciendo uso de la fórmula de Kirschmer, dichas pérdidas se verificaron tanto para barras limpias como para barras sucias con una obstrucción del 50-75%. Para barras limpias la pérdida de carga no debe ser mayor de 0.15 m.

Pérdida de carga en rejas limpias

$$h_f = \beta * \left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin\theta * \frac{V_m^2}{2g}$$

Dónde:

β = Factor de formas

a = abertura entre barras (m)

t = espesor de las barras (m)

θ = angulo de inclinacion de las rejas

V_m^2 = Velocidad media de agua antes de la reja (m/seg)

g = aceleracion de la gravedad (9.81m/ seg²)

Pérdida de carga en rejas parcialmente obstruida

$$h_{fo} = \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 * H_f$$

Dónde:

h_{fo} = Perdida de carga en rejas parcialmente obstruida

E = Eficiencia de la rejilla adimensional con barras limpias

E_o = Eficiencia de la rejilla con 75 % de obstruccion ($E_o = 0.75E$)

h_f = Perdidas de carga en rejas limpias (m)

Altura del Canal

Para calcular la altura total del canal en la rejilla se utilizó la siguiente fórmula:

$$H_{\text{canal}} = H_{\text{máx}} + h_{\text{fo}} + \text{BL}$$

Dónde:

$H_{\text{máx}}$ = *Altura maxima del agua antes de la reja (m)*

h_{fo} = *Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruída al 75%)(m)*

BL = Borde Libre (m)

5.4.2.3 Desarenador

El diseño del desarenador está basado en la Guía técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, del tal forma que las dimensiones propuestas cumplieran velocidades horizontales entre 0.20 - 0.45 m/s de tal forma que los sólidos arenosos puedan sedimentarse a una razón de 2 cm/s.

A continuación se presentan las fórmulas empleadas en el diseño del sistema.

Diámetro de partículas

Mayores de 0.20 mm con una velocidad de sedimentación de 0.021 m/s, valor utilizado según el cuadro de Velocidades de Sedimentación de Partículas de La OPS/CEPIS.

Altura de la lámina de agua canal de llegada (H_{agua})

$$H_{\text{agua}} = \frac{Q_d}{V * B}$$

Largo del desarenador (L)

$$L = \frac{V * H_{\text{agua}} * 86400}{C_s}$$

Donde C_s es la carga superficial de agua residual aplicada al desarenador con un valor de $1500 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$, el cual se encuentra entre los rangos sugeridos por INAA, $700 - 1600 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$.

Volumen sedimentado

$$V_{\text{sed}} = Q_d * C_{\text{ret}} * t$$

Donde C_{ret} es la cantidad de material retenido y t el tiempo de retención del sedimento en tolva.

Volumen propuesto de tolva (V_{tolva})

$$V_{\text{tolva}} = H_{\text{tolva}} * B * L$$

Donde H_{tolva} es la altura de la tolva propuesta con el fin de que el volumen propuesto de tolva fuera mayor que el sedimentado.

5.4.3 Criterios de Selección de Alternativa de Tratamiento

La selección del sistema de tratamiento se basó en el empleo de sistemas que presentarán costos de inversión adecuados a la economía de la zona, que no representara problemas a la comunidad, área a ocupar por el sistema y eficiencia remocional del mismo.

Se evaluaron y diseñaron dos alternativas de tratamiento.

- Alternativa 1: Tanque Imhoff + Biofiltros
- Alternativa 2: Tanque Imhoff + laguna facultativa secundaria + laguna Aerobia terciaria.

La metodología empleada para cada uno de las unidades de tratamiento se muestra a continuación.

5.4.3.1 Alternativa No 1. Tanque Imhoff + Biofiltros

El diseño se basó en la calidad del afluente de las aguas residuales de sistemas existente. Para el sistema primario se utilizó los porcentajes de remoción

establecidos por el CEPIS, verificando que cumplierse con los parámetros de vertido establecidos en la Norma técnica obligatoria nicaragüense (NTON 05 0205)

5.4.3.1.1 Diseño de tanque Imhoff⁵

El tanque Imhoff es un sistema anaerobio de dos pisos, en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados, en el inferior.

Los parámetros para el diseño de tanque Imhoff se exponen en la tabla siguiente:

Tabla 12 Parámetros de diseño de tanque Imhoff.

| Parámetros | Unidad | Valor | |
|--|--------------------------------------|------------|--------|
| | | Intervalo | Typico |
| Sedimentacion primaria seguida de tratamiento secundario | | | |
| Tiempo de retencion | h | 2.0 - 4.0 | 2.00 |
| Carga Superficial | (m ³ / m ² .h) | 1.0 - 1.7 | 1.35 |
| Carga sobre el vertedero efluente | (m ³ / m .h) | 7 - 25 | 24 |
| Velocidad de Flujo | cm / min | | 30 |
| Longitud / ancho | Relación | 2:1 - 5:1 | 3:01 |
| Pendiente de fondo (V/H) | Relación | 5:4 - 7:4 | 3:02 |
| Abertura de comunicación entre cámaras | cm | 15 - 30 | 25 |
| Proyeccion horizontal del saliente | cm | 15 - 30 | 25 |
| Deflector de espumas | | | |
| Por debajo de la superficie | cm | 25 - 40 | 30 |
| Por encima de la superficie | cm | | 30 |
| Borde libre | cm | 45 - 60 | 60 |
| Zona de ventilacion de gases | | | |
| Superficie en % del total | % | 15-30 | 20 |
| Anchura de abertura | cm | | |
| Camara de digestion | | | |
| Volumen | (m ³ / hab) | | |
| Pendiente minima del fondo (V/H) | Relacion | | |
| Tuberia de extraccion de lodos | cm | 20 -30 | 25 |
| Distancia libre hasta el nivel de lodos | cm | 30 - 90 | 60 |
| Profundidad total del tanque | m | 7.25 - 9.5 | 9.00 |

Fuente Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y sistema de tratamiento de Aguas Residuales de INAA.

⁵ Guía para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización, CEPIS.

Cámara de sedimentación.

Caudal de diseño (m^3/hr)

$$Q_d = \frac{Población * Dotación}{1000} * \%Contribución$$

Área del sedimentador (m^2)

$$A_s = \frac{Q_d}{C_s}$$

Donde:

C_s : Es la carga superficial, igual a $1 m^3 / (m^2 * hora)$.

Volumen del sedimentador (m^3)

$$V_s = Q_p * P_r$$

Donde:

P_r = Período de retención hidráulica, entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

Cámara de digestión de lodos.

Volumen de almacenamiento y digestión (m^3)

$$V_d = \frac{70 * Poblacion * fcr}{1000}$$

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tuvo en cuenta la siguiente tabla, utilizando un valor relativo mayor a 25.

Tabla 13 Factor de capacidad relativa

| Temperatura | Factor de capacidad relativa |
|-------------|------------------------------|
| °C | Fcr |
| 5 | 2 |
| 10 | 1.4 |
| 15 | 1 |
| 20 | 0.7 |
| >25 | 0.5 |

Fuente Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

Tiempo requerido para digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleó la tabla siguiente utilizando una temperatura mayor a 25.

Tabla 14 Tiempo requerido para la digestión

| Temperatura | Tiempo de digestión |
|-------------|---------------------|
| °C | Días |
| 5 | 110 |
| 10 | 76 |
| 15 | 55 |
| 20 | 40 |
| >25 | 30 |

Fuente Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

Área de ventilación y cámara de natas.

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1.0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0.30 cm.

5.4.3.1.2 Lechos de secados

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta ideal para pequeñas comunidades.

Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (Kg de SS/día)

$$C = Q_m * SS * 0.0864$$

Dónde:

SS: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l.

Q_m : Caudal promedio de aguas residuales.

Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr.SS /(hab*día).

Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg de SS/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Volumen diario de lodos digeridos (lt/día)

$$V_{ld} = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\% \text{ de sólidos})}$$

Dónde:

ρ_{lodo} : Densidad de los lodos, igual a 1.04 Kg/l.

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3)

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Dónde:

T_d : Tiempo de digestión en días.

Área del lecho de secado (m^2)

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

Dónde:

H_a : Profundidad de aplicación, entre 0.20 a 0.40m

- El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

5.4.3.2 Parámetros de diseño Biofiltro de flujo horizontal³

El Biofiltro se diseñó bajo un régimen de flujo pistón para una relación largo-ancho mayor o igual a 3.

³ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales

Área de la sección transversal efectiva del lecho (m²)

$$W = \frac{Q_m}{K_f * I}$$

Dónde:

Q_m : Caudal promedio de aguas residuales, (m³/s)

K_f : Permeabilidad del lecho filtrante, (m/s)

I Pendiente hidráulica, (m/m)

Ancho mínimo

$$B_{min} = \frac{W}{h_{ef}}$$

Dónde:

h_{ef} : Profundidad efectiva

Carga hidráulica (m/año)

$$C = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

Q : Caudal de diseño

A : Área superficial

Período de retención

$$P_r = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{L * B * n * h_{ef}}{Q} \quad (3 - 5 \text{ Dias})$$

Dónde:

L : Longitud del Biofiltro

B : Ancho del Biofiltro

n : porosidad del lecho filtrante como fracción decimal

Q : caudal

Concentración de contaminantes en el efluente

$$C_e = C_a * e^{(-k*Pr)}$$

Dónde:

C_a : concentración de contaminantes en el afluente

k : constante de remoción, d^{-1}

Constante para la remoción de DBO₅ en humedales

$$K_{20} = K_o * (37.71 * n^{4.172})$$

Dónde:

K_o : constante óptima de remoción, para medio con zona de raíces completamente desarrollada.

K_o : 1.839 d^{-1} para aguas residuales municipales.

K_o : 0.198 d^{-1} para aguas residuales industriales con DQO alta.

K_{20} : constante a 20 °C, d^{-1}

n : porosidad total del medio, fracción decimal.

Si el lecho es plano, el gradiente hidráulico y la pendiente son prácticamente iguales y se puede usar como valor mínimo de $\Delta h/\Delta L = 0.001$. Como la pendiente depende de la conductividad hidráulica, se pueden usar valores de 4 a 5% o mayores.

Área superficial requerida en función de la materia orgánica a remover.

$$A = \frac{Qm \times (\ln So - \ln S)}{Kd \times Hm \times n}$$

Dónde:

So: DBO₅ Afluente.

S: DBO₅ Efluente esperado.

Kd: Constante de reacción de primer orden a temperatura ambiente.

Hm: Altura media del humedal 0.45-0.75 m

n: porosidad del medio filtrante.

Qm: Caudal medio.

5.4.3.2 Alternativa No 2 .Tanque Imhoff + laguna facultativa secundaria + laguna Aerobia terciaria.

5.4.3.2.1 Lagunas de estabilización

El diseño se basó en la calidad del afluente de las aguas residuales de sistemas existentes. La metodología empleada para las unidades de tratamiento se muestra a continuación.

Caudal de diseño (Qm).

$$Qm = P \times Dot \times 0.8$$

Dot x 0.8: Aporte per cápita de agua residual.

Temperatura del agua.

$$T_a = 10.443 + 0.688T_{ai}$$

T_a : Temperatura del Agua.

T_{ai} : Temperatura del Aire en el mes más frío.

Concentración de la DBO₅.

$$S_o = \frac{(Pxq)}{Qm}$$

Concentración de Coliformes fecales.

Requerimientos del efluente, en dependencia de los criterios de descarga a los cuerpos receptores de agua o del re-uso que se le dará.

Carga total aplicada (CTA)

$$CTA = Pxq = Qm \times S$$

Carga superficial máxima

$$CS_{max} = 357.4 \times 1.085^{(T_a - 20^\circ)}$$

Carga superficial aplicada.

$$CSA < CS_{max}$$

$$CSA = 80\% CS_{max}$$

Área total de la laguna.

$$A_T = \frac{CTA}{CSA} \quad (Ha)$$

Número de unidades (N).

2 mínimos.

Área de cada laguna.

$$A = \frac{AT}{N}$$

Volumen de laguna.

$$V = A \times H, \quad H(1.5 - 2.5)$$

Periodo de retención

$$P_r = \frac{V}{Q_m} \text{ (De cada laguna)}$$

Período de retención de 7 a 15 días

Remoción de la materia orgánica (DBO₅.)

Marais Show. Flujo de mezcla completa

$$\frac{S}{S_o} = \frac{1}{1 + Kd \times Pr}$$

Dónde:

S: Concentración de DBO₅ en el efluente (mg/l).

S_o: Concentración de DBO₅ en el afluente (mg/l).

Kd: Constante de degradación de la materia orgánica a la temperatura del agua, (d⁻¹).

$$Kd = K_{20^{\circ}} \times 1.085^{(Ta-20^{\circ})}$$

$$K_{20^{\circ}} = \frac{Pr}{-1.47 + 4.46 Pr} \text{ (d}^{-1}\text{)}$$

Modelo de Yánez. Flujo de mezcla rápida

$$C_{sr} = 7.67 + 0.8 C_{SA}$$

$$C_{sremanente} = C_{SA} - C_{sr}$$

Dónde:

Csr: Carga superficial removible, Kg DBO₅ /Hab día.

Csremanente: Carga superficial remanente, Kg DBO₅ /Hab día.

Modelo de Thirimurty.

$$\frac{S}{S_0} = \frac{4 a e^{(1-a)/2d}}{(1+a)^2}$$

Dónde:

a: Coeficiente adimensional.

d: Coeficiente de dispersión, (adimensional)

e: Exponencial.

X: relación largo ancho

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.2539X + 1.01368X^2}$$

$$a = \sqrt{1 + 4 \text{ Pr } x \text{ d } x \text{ Kd}}$$

Remoción de coliformes fecales

Marais Show

$$\frac{N}{N_o} = \frac{1}{1 + Kb \text{ x } Pr}$$

Donde:

Kb: Constante de mortalidad de Coliformes fecales (NMP/100ml).

N: concentración de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml).

N_o: concentración de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml).

$$Kb = 0.84 \times 1.07^{(Ta-20^{\circ})}$$

Thirimurthy

$$\frac{N}{N_o} = \frac{4ae^{(1-a)/2d}}{(1+a)^2}$$

5.4.3.3 Criterios para Lagunas secundarias Aerobias.

Carga superficial aplicada.

$$CSA < 150 \text{ kg/Hab-día.}$$

Relación largo/ancho

$$1.0 - 1.5 \text{ m.}$$

Volumen:

$$\text{Área} \times H.$$

Periodo de retención

$$Pr = \frac{V}{Q_m}, Pr \geq 7 \text{ dias.}$$

Carga total aplicada.

$$CTA = Q_m \times S$$

Comprobar el CSA.

$$CSA = \frac{CTA}{A}$$

Remoción de la materia orgánica DBO₅.

Marais Show

$$\frac{S}{S_o} = \frac{1}{1 + Kd \times Pr}$$

$$Kd = K_{20^\circ} \times 1.085^{(Ta - 20^\circ)}$$

$$K20^o = \frac{Pr}{-14.77 + 4.46 Pr} , (d^{-1})$$

Modelo de Yánez

$$Csr = -0.80 + 0.765 CSA$$

$$Csremanente = CSA - Csr$$

Dónde:

Csr: Carga superficial removida.

Csremanente: Carga superficial remanente.

Modelo de Thirimurthy

$$\frac{S}{S_0} = \frac{4 a e^{(1-a)/2d}}{(1+a)^2}$$

Dónde:

a: Coeficiente a dimensional.

d: Coeficiente de dispersión, (A dimensional).

e: Exponencial.

x: q (L/B)

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.2539x + 1.01368x^2}$$

$$a = \sqrt{1 + 4 Pr x d x K d}$$

Tabla 15 Relación entre DBO total/DBO soluble

| CSA (Kg/ Hab– día) | DBO Total/ DBO Soluble |
|---------------------|------------------------|
| 50 | 2.6 |
| 100 | 2.3 |
| 150 | 2.1 |
| 200 | 2.0 |
| 250 | 1.95 |
| 300 | 1.90 |
| 350 | 1.82 |
| 400 | 1.78 |
| 450 | 1.70 |

Fuente Apuntes de Ingeniería Sanitaria II, Ing. María Elena Baldizón.

Tabla 16 Calidad del efluente

| Norma | DBO ₅ | Coliformes Fecales |
|---------------|------------------|-----------------------------|
| Decreto 33-95 | 30 mg/l | 1x10 ⁴ NMP/100ml |
| OMS | 30 mg/l | 1x10 ³ NMP/100ml |

Fuente: Normas Nacionales y OMS

VI. RESULTADOS

6.1 Población de diseño

El municipio de San Francisco de Cuapa tiene 19 años de ser elevado a Municipio, desde el año de 1997, debido a eso hay poca información poblacional, prueba de ello es que el municipio no figura en el VII Censo de población y III de vivienda de 1995 realizado por el Instituto Nacional de estadísticas y censos Nacionales, en el año 2005 el instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (actual INIDE) realizó el VIII Censo de población y IV de vivienda, en el cual el Municipio de San Francisco de Cuapa presenta una tasa de crecimiento del 4.5 %.

En el mes de marzo del año 2008 la Alcaldía Municipal de San Francisco de Cuapa realizó un Censo Municipal determinando una tasa de crecimiento anual del 0.97 %, en base a las Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales del INAA que establecen que ninguna localidad deberá tener una tasa de crecimiento urbano mayor al 4% ni menor al 2.5% y que en caso de que no se encuentre en ese rango se realizara un promedio la tasa de crecimiento, el valor a utilizar para la proyección de la población del 2.74 % La cual representa la tasa de crecimiento promedio de Municipio.

Para el período de diseño de 20 años y una tasa de crecimiento anual del 2.74 %, la población proyectada resultó de 4,808 habitantes para el año 2036 distribuyéndose de la manera mostrada en la tabla N°17.

Tabla 17 Resultados de población de diseño

| | | |
|---------------------|-------------------|---------|
| Tasa de Crecimiento | 2.74 | % |
| Población 2012 | 2513 | Hab |
| Población 2016 | 2800 | Hab |
| Población 2021 | 3205 | Hab |
| Población 2026 | 3669 | Hab |
| Población 2031 | 4200 | Hab |
| Población 2036 | 4808 | Hab |
| Dotaciones | | |
| INAA | (0-5000 hab) | 75 lppd |
| ENACAL | Consumo Historico | 97 lppd |

Fuente Elaboración propia

6.2 Caudal de diseño

El caudal total de diseño resultó de 13.908 lt/seg para una población de diseño proyectada a 20 años de 4,808 habitantes. Para el cálculo de los caudales ver apéndice A-1.

6.3 Red de recolección

El diseño de la red de alcantarillado de San Francisco de Cuapa es de tipo convencional utilizando tubería PVC – SDR 41, con diámetros desde 100 mm, 150 mm y 200 mm con una cobertura del 100%.

6.4 Sistema de tratamiento

El diseño de la planta de tratamiento fue realizado con el objetivo de tratar las aguas residuales domésticas al límite que cumplan con las normas establecidas por el Decreto 33-95 —Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias, para descargar en el cuerpo receptor final, en este caso el Rio Cuapa.

Las alternativas tomadas en consideración fueron dos, para la Planta de tratamiento constan de Rejas gruesas de limpieza manual como pre-tratamiento, medidor de flujo tipo Parshall.

Por ser un poblado de escasos recursos se optó por sistemas de tratamiento que no implicaran ningún consumo de energía eléctrica, para su operación, sino más bien que fueran de procesos biológicos que no incurran en gastos cuantiosos que encarezcan el Proyecto.

Para lograr los parámetros de vertidos establecidos en la normativa, se propuso el uso de dos alternativas de tratamiento, la primera mediante tanque Imhoff+ Biofiltro y la segunda Tanques Imhoff + Lagunas facultativa + Laguna aerobia.

6.4.1 Rejas

La reja será instalada en un canal de concreto de 30 cm de ancho y estará formada por varillas lisas de acero con un diámetro de $\frac{1}{4}$ in inclinadas a 45° con respecto a la horizontal (Ver cálculos del diseño en Apéndice A – 3).

La velocidad de diseño de acuerdo a las Guías del INAA está comprendida desde 0.45 m/s hasta un máximo de 0.90 m/s, siendo el parámetro normal de 0.69 m/s. Las dimensiones calculadas en este diseño garantizan el cumplimiento de este rango, produciéndose una velocidad en el sistema de 0.47 m/s

Tabla 18 Resultado de Canal y Rejas

| Canal Rectangular | | |
|--|--------|----------|
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Ancho | 0.3 | m |
| Altura | 0.5 | m |
| Pendiente | 0.005 | mm |
| Rejas | | |
| Parametros | Datos | Unidades |
| Eficiencia | 0.8 | |
| Velocidad de Paso | 0.683 | m/s |
| Velocidad Media | 0.5895 | m/s |
| Pérdida de carga en rejas limpias | 0.0069 | m |
| Pérdida de carga en rejas (parcialmente obstruida) | 0.012 | m |
| Altura de Canal | 0.5 | m |
| Cantidad de barras | 8 | Unidades |
| Longitud de barras | 0.42 | m |

Fuente Elaboración propia

6.4.2 Desarenador

Los resultados obtenidos satisfacen los criterios de diseño permitidos por el INAA. El sistema garantiza una velocidad de flujo de 0.30 m/s de tal forma que las partículas de arena puedan sedimentarse por gravedad.

Tabla 19 Resultado de Desarenador

| Desarenador | | |
|---|---------|---------------------|
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Proyeccion vertical libre del canal | 0.2 | m |
| Tiempo de retencion de sedimento en tolva | 15 | dias |
| Ancho | 0.3 | m |
| Altura calculada del desarenador | 1.06 | m |
| Largo | 3.34 | m |
| Zona de sedimentacion | | |
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Velocidad de sedimentacion | 0.021 | m/s |
| Altura del agua en zona de sedimentacion | 0.234 | m |
| Zona de lodos | | |
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Cantidad de material retenido | 0.029 | lts/ m ³ |
| Altura de tolva propuesta | 0.6 | m |
| Volumen sedimentado | 522.715 | lts |
| Altura total del desarenador | 0.95 | m |

Fuente Elaboración propia

6.4.3 Medidor Parshall

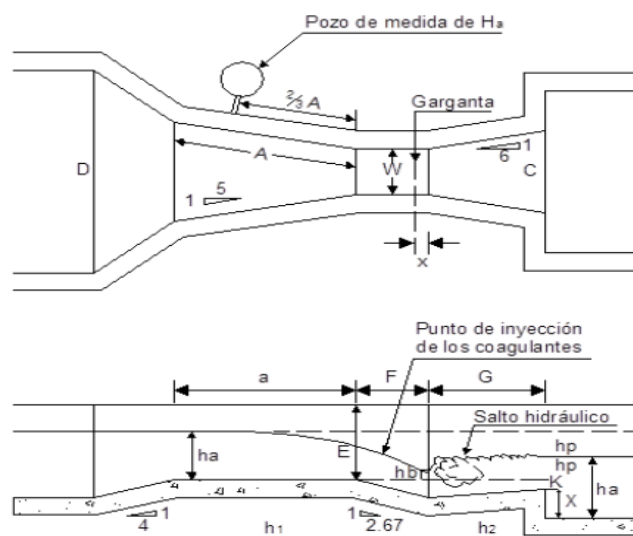
Se diseñó un medidor de caudal tipo Parshall, con un ancho de garganta 3" de 7.6 cm. Se muestra en la Tabla N°20 las dimensiones de la canaleta y en la Figura N°10 la ubicación de cada componente.³

Tabla 20 Resultados para canaleta Parshall.

| Canaleta Parshall | |
|-------------------|------|
| W (cm) | 7.6 |
| A (cm) | 46.7 |
| 2/3 A (cm) | 31.1 |
| Wc cm | 19.8 |
| B cm | 45.7 |
| C cm | 17.8 |
| D cm | 25.9 |
| E cm | 61 |
| F cm | 15.2 |
| G cm | 30.5 |
| K cm | 2.5 |
| N cm | 5.7 |
| R cm | 40.6 |
| M cm | 30.5 |
| P cm | 76.8 |
| X cm | 2.5 |
| Y cm | 3.8 |

Fuente Elaboración propia

Figura 10 Canaleta Parshall



Fuente CEPIS

6.5 Alternativas de tratamiento

6.5.1 Calidad de agua

Los valores de referencia para los parámetros de calidad del agua cruda se tomaron a partir de la caracterización de las aguas residuales de la ciudad de Santo Tomas en el año 2011.

Tabla 21 Caracterización de Aguas residuales

| Calidad del Afluente para Planta de Tratamiento | | | |
|---|------------|--------------------|------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades |
| Solidos en Suspension | SS | 435 | mg/lt |
| DBO 5 | S0 | 411 | mg/lt |
| Coliformes Fecales | CFA | 7.67×10^6 | Nmp/100 ml |

Fuente Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL)

6.5.2 Alternativa N°1. Tanque Imhoff + Biofiltros

Se diseñó un tanque Imhoff de 6.79 metros de longitud y un ancho total de 4.40 m. ver tabla N° 22, así mismo se diseñaron dos Biofiltro de flujo horizontal. (Ver tabla N° 24 y N° 25 resultando de las mismas dimensiones, con esta cantidad de Biofiltro se garantizó la calidad adecuada de los efluentes para posteriormente ser depositados en los cuerpos receptores, (ver cálculos del diseño en el apéndice A-3).

Tabla 22 Resultado de Tanque Imhoff

| Tanque Imhoff | | |
|--|-----------|-----------|
| Descripción | Valores | Unidad |
| Cantidad | 1 | Unid. |
| Altura total | 9.47 | m |
| Ancho total | 4.4 | m |
| Longitud total | 6.79 | m |
| Área | 0.0035 | Ha |
| Tiempo de retención | 2 | Horas |
| Número de cámaras de sedimentación | 1 | Unid |
| Números de cámaras de digestión | 1 | Unid |
| Calidad del Efluente | | |
| Eficiencia remoción DBO5 | 50 | % |
| Calidad | 205.5 | mg/l |
| Eficiencia Remoción Coliformes fecales | 50 | % |
| Calidad | 3.860E+06 | NMP/100ml |

Fuente Elaboración propia

Tabla 23 Resultado de Lecho de secado

| Lecho Secado | | |
|------------------------|-------|----------------|
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Área requerida (Ar) | 38.04 | m ² |
| Ancho (B) | 6 | m |
| Longitud (L) | 6.34 | m |
| Número de unidades (N) | 1 | c/u |

Fuente Elaboración propia

Tabla 24 Resultados de Biofiltro N° 1

| Biofiltro 1 | | |
|--|----------|--------------------------|
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Caudal Medio | 373.108 | m ³ /dia |
| Largo | 84 | m |
| Ancho | 94 | m |
| Profundidad | 0.7 | m |
| Área | 0.79 | Ha |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Capas de filtros | | |
| Espesor de capa vegetal | 0.10 | m |
| Piedra volcanica | 0.52 | m |
| Calidad del Efluente | | |
| Eficiencia remoción DBO ₅ | 99.51 | % |
| Calidad (mg/l) | 1 | mg/l |
| Eficiencia remoción Coliformes Fecales | 99.51 | % |
| Calidad (NMP/100 ml) | 1.87E+04 | NMP/100ml |
| Superficie Requerida | | |
| Superficie Unitaria | 7,919.00 | m ² |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Carga Orgánica | 96.82 | kg DBO/hab*día |
| Carga Hidráulica | 471.13 | m ³ /hab* día |

Fuente Elaboración propia

Tabla 25 Resultados de Biofiltro N° 2

| Biofiltro 2 | | |
|--|----------|--------------------------|
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Caudal Medio | 373.108 | m ³ /día |
| Largo | 84 | m |
| Ancho | 94 | m |
| Profundidad | 0.7 | m |
| Área | 0.79 | Ha |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Capas de filtros | | |
| Espesor de capa vegetal | 0.10 | m |
| Piedra volcanica | 0.52 | m |
| Calidad del Efluente | | |
| Eficiencia remoción DBO ₅ | 99.51 | % |
| Calidad (mg/l) | 1 | mg/l |
| Eficiencia remoción Coliformes Fecales | 99.51 | % |
| Calidad (NMP/100 ml) | 9.08E+01 | NMP/100ml |
| Superficie Requerida | | |
| Superficie Unitaria | 7,919.00 | m ² |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Carga Orgánica | 96.82 | kg DBO/hab*día |
| Carga Hidráulica | 471.13 | m ³ /hab* día |

Fuente Elaboración propia

6.5.3 Alternativa N° 2. Tanque Imhoff + Lagunas facultativas secundarias + Laguna Aerobia terciaria

Se ubicarán a la salida del sistema de pre-tratamiento y estará conformado por un tanque Imhoff más dos lagunas facultativa secundaria más una laguna aerobia terciaria en paralelo. Ver tabla N° 26 y N° 27.

Tabla 26 Resultados de laguna Facultativa secundaria

| Lagunas Facultativas Secundarias | | |
|----------------------------------|----------|----------------------|
| Parametros | Datos | Unidades |
| Caudal medio | 373.1008 | m ³ / dia |
| Ancho interior | 20.843 | m |
| Longitud interior | 52.486 | m |
| Longitud total | 65.286 | m |
| Ancho total | 33.643 | m |
| Talud interno | 1/3 | |
| Altura total | 2.133 | m |
| Numero de lagunas | 2 | |
| Relacion largo ancho | 2 | m |
| Área requerida por laguna | 2002.583 | m ² |
| Área total | 4005.165 | m ² |

Fuente Elaboración propia

Tabla 27 Resultados de laguna Aerobia terciaria.

| Laguna Aerobia terciaria | | |
|---------------------------|----------|----------------------|
| Parametros | Datos | Unidades |
| Caudal medio | 373.101 | m ³ / dia |
| Ancho interior | 35.75 | m |
| Longitud interior | 80.50 | m |
| Longitud total | 91.50 | m |
| Ancho total | 46.75 | m |
| Talud interno | 1/3 | |
| Altura total | 1.833 | m |
| Numero de lagunas | 1 | |
| Relacion largo ancho | 2 | m |
| Área requerida por laguna | 4005.165 | m ² |
| Área total | 4005.165 | m ² |

Fuente Elaboración propia

6.6 selección de alternativas de tratamientos

Para el proceso de selección de la alternativa más viable se tomaron los parámetros mostrados en la Tabla N° 28

Tabla 28 Parámetros de selección de alternativas de tratamiento.

| Parámetros | Alternativa 1 | Alternativa 2 |
|--|------------------|------------------|
| Área a ocupar (Ha) | 1.563 | 0.386 |
| DBO en efluente mg/l | 1 | 3.59 |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) en efluente | 9.08E+01 | 1.67E+00 |
| Eficiencia de remocion DBO (%) | 99.51 | 98.73 |
| Eficiencia de remocion de coliformes fecales (%) | 99.51 | 99.9 |
| Costo de construccion del sistema | C\$36,502,604.06 | C\$38,151,457.41 |
| Complejidad y requisitos de capacitacion y momitoreo | Baja | Baja |

Fuente Elaboración propia

En la tabla se logra apreciar que para ambos sistemas la calidad del efluente obtenida logra cumplir con los parámetros establecidos para el vertido en cuerpos receptores y para re uso.

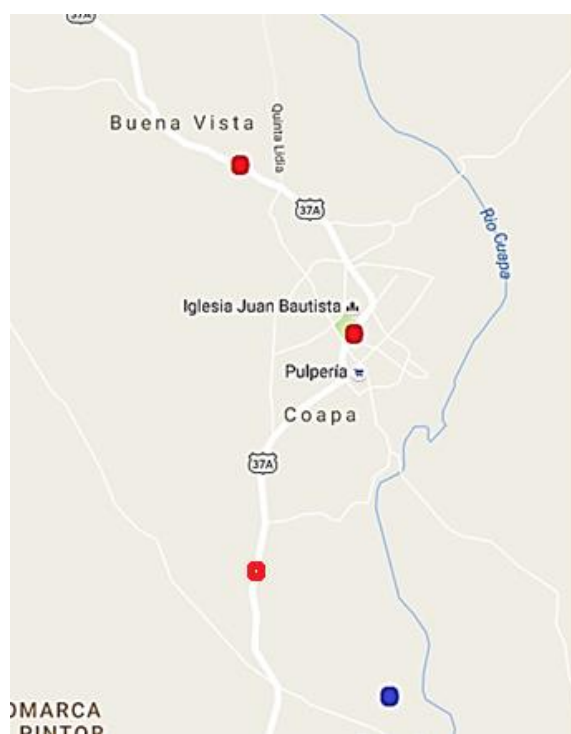
Se aprecia también que las diferencias del área destinada para la ubicación de la planta de tratamiento corresponde a 1.177 Ha, empleándose mayor área para la alternativa N° 1. Dada la similitud en los resultados de los parámetros antes descritos, el grado de complejidad en el proceso de mantenimiento y operación y el requerimiento de capacitación al personal en ambos sistemas son bajos, el parámetro que representa mayor peso en la selección de la alternativa corresponde al costo de construcción del sistema.

Por lo tanto, debido a los parámetros antes expuestos y al observarse que la diferencia en el proceso constructivo entre ambos sistemas corresponde a C\$ 1, 648,853.35 (*“Un millón seiscientos cuarenta y ocho mil ochocientos cincuenta y tres con treinta y cinco centavos de córdobas”*), siendo el de mayor costo constructivo la Alternativa N° 2: Sistema Lagunas facultativas secundarias + Laguna aerobia terciaria, por lo tanto se propone la selección del sistema de tratamiento a la Alternativa N°1 compuesta por Tanque Imhoff + Biofiltros.

6.8 Estudios de suelo

Para la determinación del tipo de suelo existente en los sitios del proyecto tanto para la red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento se realizaron sondeos manuales de exploración a una profundidad de 1.50 metros para las redes y a 2.00 metros de profundidad para el sistema de tratamiento.

Figura 11 Localización de sondeos manuales



Fuente Elaboración propia

6.8.1 Ensayes efectuados

Con objeto de definir aproximadamente el valor y la variación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del suelo que intervienen en la determinación de la capacidad de carga admisible, hundimientos probables y métodos generales de excavación para la estructura en proyecto, se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio a las muestras de suelo obtenidas en los sondeos efectuados en el terreno propuesto para las redes de alcantarillado sanitario y las plantas de tratamiento.(Ver cálculo en Apéndice A-6).

- Clasificación de los materiales encontrados: determinando su contenido natural del agua (Humedad), tipo de suelo.
- Granulometría
- Límites de consistencia o Atterberg

Tabla 29 Resultado final tipos de suelos

| CLASIFICACION POR MÉTODO UNIFICADO DE SUELOS (SUCS) | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------|---------|-------------|-------|-------|---------|-----------------------------|
| Nº MUESTRA | % PASAPOR LA MALLA | | | L.ATTERBERG | | | SÍMBOLO | Tipo de suelo |
| | NUM.4 | NUM.40 | NUM.200 | L.L | L.P | I.P | | |
| H-V-1 | 65 | 45 | 32 | NP | NP | NP | ML | Limo de baja Plasticida |
| M-1 | 53 | 39 | 27 | 46.26 | 34.38 | 11.9 | ML | Limo de baja Plasticida |
| M-189 | 74 | 41 | 30 | 36.3 | 23.81 | 12.49 | CL | Arcilla de baja Plasticidad |
| M-X | 83 | 30 | 75 | 54.1 | 33.24 | 20.86 | OH | Organica alta Plasticidad |

La siguiente tabla muestra la descripción de las muestras de suelo con su correspondiente ubicación.

Tabla 30 Descripción general de estudio de suelo

| Muestra | Sitio | Tipo de suelo |
|---------|-----------------------|------------------------------|
| Hv-1 | Red de alcantarillado | Limo de baja plasticidad |
| M-1 | Red de alcantarillado | Limo de baja plasticidad |
| M-189 | Red de alcantarillado | Arcilla de baja plasticidad |
| M-X | Planta Tratamiento | Orgánica de alta plasticidad |

VII.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración del sistema de recolección y planta de tratamiento se concluye de la siguiente manera:

7.1 Conclusiones

El Sistema de tratamiento y la red de alcantarillado sanitario se diseñaron para cubrir el 100 % del área del casco urbano del municipio de San Francisco de Cuapa, dicho sistema se confecciono para que funcione completamente por gravedad.

Se trazó y diseñó la red con su respectiva planta de tratamiento .Para un periodo de 20 años la población servida para la primera planta será de 4,808 habitantes con un total de 748 viviendas. El caudal de diseño esperado en la red es de 13.908 lps con un caudal medio de 4.318 lps considerando el consumo histórico del municipio el cual es de 97 lppd.

Las tuberías de la red de alcantarillados son de PVC SDR 41 con una longitud total de 10,454.21 m.

Los pozos de visitas sanitarios son de tipo convencional con un total de 142 unidades de los cuales 16 son pozos con caídas, 34 cajas de registro sanitario en tramos iniciales con poco caudal. La pendiente mínima en las tuberías es de 0.1 % y el valor máximo es de 18 % respectivamente permitiendo velocidades de diseños y tensión de arrastre recomendados por el INNA.

El sitio del tratamiento de la planta estará ubicado en la parte sur este del casco urbano del municipio

Se plantearon dos alternativas de tratamientos las cuales fueron:

- Tanque Imhoff más Biofiltro
- Tanque Imhoff más Lagunas de estabilización

Ambas alternativas cumplen con los parámetros de vertido en los cuerpos receptores naturales. Por costo constructivo se seleccionó la alternativa N° 1.

El costo total del proyecto será C\$ 36, 502,604.06 equivalente \$ 1, 216,753.469, con un costo precipita de C\$ 7,592.06 equivalente a \$ 253.068.

7.2 Recomendaciones

A las instituciones y empresas encargadas del proceso de gestión, construcción y mantenimiento del proyecto se les recomienda:

- Para la formulación del proyecto se debe tomar en cuenta el costo de las conexiones domiciliarias, garantizando la conexión de todas las viviendas ubicadas en el casco urbano del municipio y de esta forma asegurar que el sistema trabaje con el caudal con el que fue diseñado obteniendo así un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado y sistema de tratamiento.
- Capacitar a toda la población beneficiada con el proyecto con el fin de darles a conocer la importancia de conectarse al sistema y como darle buen uso al servicio.
- Elaborar un estudio de impacto ambiental (EIA) Para determinar el grado de afectación del proyecto y las medidas de mitigación del mismo, de tal forma que no afecte la calidad de vida de los habitantes.
- Una vez construido o ejecutado el proyecto se debe brindar seguimiento a las actividades de operación y mantenimiento para la red de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de forma que se garantice el correcto funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil.
- Construir barreras vivas rompe vientos en los sectores aledaños a las plantas de tratamiento para evitar la erosión del suelo y la perturbación a la población con malos olores provenientes de los sistemas de tratamiento.
- Evaluar la planta una vez esté operando para ajustar los parámetros de calidad del agua que fueron asumidos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Baldizon, M (s.f.) *Apuntes de Ingeniería Sanitaria I, Alcantarillado sanitario*; Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
- Baldizon, M (s.f.) *Apuntes de Ingeniería Sanitaria II, Tratamiento de aguas residuales*; Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
- Nicaragua, Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, Ente Regulador (s.f.). *Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Managua, Nicaragua.
- Francisco Noel Santamaria, Germa Gisselle Lopez (2012).Protocolo Monográfico "*Diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento en la localidad de Tonala,Cabecera Municipal de Puerto Morazan,Chinandega*" .Managua,Nicaragua.
- Instituto Nacional de información de desarrollo, INIDE. (2008).*San Francisco de Cuapa en cifras*. Managua, Nicaragua.
- *Ficha municipal de San Francisco de Cuapa*.(s.f).Recuperado el 18 de marzo de 2015,de <http://www.inifom.gob.ni>
- Universidad Nacional de Ingeniería (2001).*Normativa de Culminación de Estudios* (FTC).Managua, Nicaragua.
- Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente ,CEPIS.(2005).*Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Lima 2005.

IX .APENDICES

Dotación y Población

| | | |
|---------------------|-------------------|---------|
| Tasa de Crecimiento | 2.74 | % |
| Población 2012 | 2513 | Hab |
| Población 2016 | 2800 | Hab |
| Población 2021 | 3205 | Hab |
| Población 2026 | 3669 | Hab |
| Población 2031 | 4200 | Hab |
| Población 2036 | 4808 | Hab |
| Dotaciones | | |
| INAA | (0-5000 hab) | 75 lppd |
| ENACAL | Consumo Historico | 97 lppd |

Cobertura a Diciembre 2014 San Francisco de Cuapa

| A DICIEMBRE 2014 | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|----------|-------|------------|-------|-------------|-------|------------|---------|---------------|
| Departamento | Conexiones | | | | | Cobertura | | Producción | Consumo | Dotacion prom |
| | Población | Ind. De | AP | | | AP | | | | |
| | | | Total | Domiciliar | % | Pob servida | (%) | | | |
| Localidades | urbana | Hab*Vivi | | | | | | (m³) | (m³) | lppd |
| San Francisco de Cuapa | 2665 | 3.551 | 685 | 664 | 96.93 | 2357 | 88.44 | 7429.45 | 6857.87 | 97 |

Fuente: Informe Nacional de cobertura a Diciembre 2014, Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL, 2015)

Cálculos. Líneas de recolección

Caudales

| | | |
|--------------------------|-------------|--------------------|
| Población | 4808 | Hab. |
| CPD | 5.398 | lps |
| Factor de retorno | 0.8 | lps |
| Qmedio | 4.318 | lps |
| Qmedio unitario | 0.00000705 | l/s/m ² |
| Factor Harmon | 3.2607 | 3 |
| Qmax | 12.95488889 | lps |
| Qcomercial | 0.302280741 | lps |
| N° comercios | 8 | |
| Qcom. Unitario | 0.037785093 | lps |
| Qinstitucional | 0.302280741 | lps |
| N° Instituciones | 9 | |
| Q inst. unitario | 0.0335867 | lps |
| Q diseño | 13.908 | lps |

| | | | | |
|---------------------------|----|-------------------------------------|-----------|---------|
| Q infiltración PVC | | lt /hr /100 mts x 25 mm de diametro | 2 | |
| Diámetro mínimo | | | 150 | mm |
| Q infiltración | | | 0.34847 | l/s |
| q infiltración | | | 3.333E-05 | l/s /mt |
| Dotacion (ENACAL) | 97 | lppd | | |

Datos Generales

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m ²) | Area acumulada (m ²) |
|----------------|------------|-----------------------|---------|----------------|------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| PVS-27.4.6 | PVS-27.4.5 | 366.859 | 356.047 | 87.23 | 87.23 | 6929.79 | 6929.79 |
| PVS-27.4.5 | PVS-27.4.4 | 356.047 | 350.754 | 50.02 | 137.25 | 4197.97 | 11127.76 |
| PVS-27.4.4 | PVS-27.4 | 350.754 | 344.674 | 53.92 | 191.17 | 2798.31 | 13926.07 |
| CRS-27.4.3 | PVS-27.4.2 | 367.723 | 359.256 | 87.17 | 87.17 | 1494.98 | 1494.98 |
| PVS-27.4.2 | PVS-27.4.1 | 359.256 | 354.463 | 50.30 | 137.47 | 2410.54 | 3905.52 |
| PVS-27.4.1 | PVS-27.4 | 354.463 | 344.674 | 67.49 | 204.96 | 3038.31 | 6943.83 |
| PVS-27.4 | PVS-27.3 | 344.674 | 339.648 | 72.93 | 469.06 | 7396.54 | 28266.44 |
| PVS-27.3 | PVS-27.2 | 339.648 | 337.988 | 87.42 | 556.48 | 6876.79 | 35143.23 |
| PVS-27.2 | PVS-27.1 | 337.988 | 336.098 | 44.53 | 601.01 | 3251.77 | 38395.00 |
| PVS-27.1 | PVS-27 | 336.098 | 335.789 | 64.65 | 665.66 | 4945.39 | 43340.39 |
| PVS-27 | PVS-26 | 335.789 | 335.578 | 82.98 | 748.64 | 6348.91 | 49689.30 |
| PVS-26 | PVS-25 | 335.578 | 335.268 | 40.79 | 789.43 | 3040.16 | 52729.46 |
| PVS-25 | PVS-24 | 335.268 | 336.201 | 51.00 | 840.43 | 2823.55 | 55553.01 |
| PVS-24 | PVS-23 | 336.201 | 336.855 | 79.62 | 920.05 | 3785.38 | 59338.39 |
| PVS-23 | PVS-22 | 336.855 | 334.125 | 98.93 | 1018.98 | 8254.60 | 67592.99 |
| PVS-22 | PVS-21 | 334.125 | 332.013 | 98.70 | 1117.68 | 6906.78 | 74499.77 |
| CRS -21.6.1 | PVS-21.6 | 339.128 | 336.946 | 75.70 | 75.70 | 3900.66 | 3900.66 |

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m²) | Area acumulada (m²) |
|----------------|------------|-----------------------|---------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| CRS-14.12.1 | PVS-21.6 | 337.931 | 336.946 | 54.00 | 54.00 | 2727.96 | 2727.96 |
| PVS-21.6 | PVS-21.5 | 336.946 | 333.910 | 26.00 | 155.70 | 2007.47 | 8636.09 |
| PVS-21.5 | PVS-21.4 | 333.910 | 331.837 | 39.74 | 195.44 | 1863.44 | 10499.53 |
| CRS-21.4.4 | PVS-21.4.3 | 333.553 | 332.129 | 88.31 | 88.31 | 5473.29 | 5473.29 |
| PVS-21.4.3 | PVS-21.4.2 | 332.129 | 332.007 | 96.45 | 184.76 | 6768.97 | 12242.26 |
| PVS-21.4.2 | PVS-21.4.1 | 332.007 | 330.391 | 52.34 | 237.10 | 3788.10 | 16030.36 |
| PVS-21.4.1 | PVS-21.4 | 330.391 | 331.837 | 46.58 | 283.68 | 3582.38 | 19612.74 |
| PVS-21.4 | PVS-21.3 | 331.837 | 330.732 | 56.70 | 535.82 | 2655.46 | 32767.73 |
| PVS-21.3 | PVS-21.2 | 330.732 | 330.205 | 99.22 | 635.04 | 6644.52 | 39412.25 |
| PVS-21.2 | PVS-21.1 | 330.205 | 330.296 | 85.40 | 720.44 | 4190.63 | 43602.88 |
| PVS-21.1 | PVS-21 | 330.296 | 331.3 | 9.59 | 730.03 | 0 | 43602.88 |
| PVS-21 | PVS-20 | 331.300 | 331.076 | 63.97 | 1911.68 | 4950.21 | 123052.86 |
| PVS-20 | PVS-19 | 331.076 | 330.125 | 93.33 | 2005.01 | 7615.96 | 130668.82 |
| CRS-21.6.1 | PVS-19 | 339.128 | 330.125 | 94.32 | 94.32 | 2575.78 | 2575.78 |
| PVS-16.4.2 | PVS-19 | 335.489 | 330.125 | 82.36 | 82.36 | 3919.28 | 3919.28 |
| PVS-19 | PVS-18 | 330.125 | 326.568 | 73.30 | 2254.99 | 4081.62 | 141245.50 |
| PVS-18 | PVS-17 | 326.568 | 323.771 | 82.87 | 2337.86 | 5574.88 | 146820.38 |
| PVS-17 | PVS-16 | 323.771 | 320.807 | 64.71 | 2402.57 | 1696.8 | 148517.18 |
| PVS-16.4.2 | PVS-16.4.1 | 335.489 | 333.089 | 28.21 | 28.21 | 5582.36 | 5582.36 |
| PVS-16.4.1 | PVS-16.4 | 333.089 | 329.088 | 69.57 | 97.78 | 3017.69 | 8600.05 |
| PVS-16.4 | PVS-16.3 | 329.088 | 327.587 | 39.80 | 137.58 | 1539.89 | 10139.94 |
| PVS-16.3 | PVS-16.2 | 327.587 | 325.207 | 42.16 | 179.74 | 3398.44 | 13538.38 |
| PVS-34.14 | PVS-16.2.1 | 326.512 | 326.346 | 69.86 | 69.86 | 2955.93 | 2955.93 |
| PVS-16.2.1 | PVS-16.2 | 326.346 | 325.207 | 23.56 | 93.42 | 1208.40 | 4164.33 |
| PVS-16.2 | PVS-16.1 | 325.207 | 324.164 | 46.93 | 320.09 | 3384.09 | 21086.80 |
| PVS-16.1 | PVS-16 | 324.164 | 320.807 | 70.82 | 390.91 | 3962.65 | 25049.45 |
| CRS-11.5.3 | PVS-16 | 322.253 | 320.807 | 55.77 | 55.77 | 1933.53 | 1933.53 |
| PVS-16 | PVS-15 | 320.81 | 312.46 | 85.54 | 2934.79 | 1387.23 | 176887.39 |
| PVS-15.3 | PVS-15.2 | 316.093 | 315.204 | 57.55 | 57.55 | 1367.18 | 1367.18 |
| PVS-17 | PVS-15.2 | 323.771 | 315.204 | 82.04 | 82.04 | 2705.52 | 2705.52 |
| PVS-15.2 | PVS-15.1 | 315.204 | 313.314 | 77.90 | 217.49 | 2631.76 | 6704.46 |
| PVS-15.1 | PVS-15 | 313.314 | 312.458 | 47.41 | 264.90 | 1266.94 | 7971.40 |

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m²) | Area acumulada (m²) |
|----------------|------------|-----------------------|---------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| PVS-15 | PVS-14 | 312.458 | 300.921 | 91.47 | 3291.16 | 1559.93 | 186418.72 |
| CRS-14.12.1 | PVS-14.12 | 337.931 | 336.249 | 37.60 | 37.60 | 1493.32 | 1493.32 |
| CRS-14.13 | PVS-14.12 | 336.399 | 336.249 | 59.57 | 59.57 | 1864.92 | 1864.92 |
| PVS-14.12 | PVS-14.11 | 336.249 | 333.470 | 43.88 | 141.05 | 750.53 | 4108.77 |
| PVS-14.11 | PVS-14.10 | 333.470 | 332.777 | 68.94 | 209.99 | 3038.60 | 7147.37 |
| PVS-14.10 | PVS-14.6 | 332.777 | 332.228 | 31.12 | 241.11 | 823.34 | 7970.71 |
| CRS-14.6.3 | PVS-14.6.2 | 333.889 | 333.562 | 66.87 | 66.87 | 3201.34 | 3201.34 |
| PVS-14.6.2 | PVS-14.6.1 | 333.562 | 332.469 | 61.37 | 128.24 | 3889.90 | 7091.24 |
| PVS-14.6.1 | PVS-14.6 | 332.469 | 332.228 | 84.18 | 212.42 | 3288.52 | 10379.76 |
| PVS-14.6 | PVS-14.5 | 332.228 | 325.567 | 95.86 | 549.39 | 4254.55 | 22605.02 |
| CRS-14.7 | PVS-14.5 | 329.142 | 325.567 | 65.54 | 65.54 | 3455.93 | 3455.93 |
| PVS-14.5 | PVS-14.4 | 325.567 | 319.127 | 71.16 | 686.09 | 3610.07 | 29671.02 |
| PVS-14.4 | PVS-14.3 | 319.127 | 305.935 | 86.15 | 772.24 | 3556.15 | 33227.17 |
| CRS-14.13 | PVS-14.14 | 336.399 | 335.900 | 48.40 | 48.40 | 2100.07 | 2100.07 |
| PVS-14.14 | PVS-14.15 | 335.900 | 333.771 | 42.20 | 90.60 | 616.52 | 2716.59 |
| PVS-14.15 | PVS-14.16 | 333.771 | 331.054 | 75.78 | 166.38 | 3092.69 | 5809.28 |
| PVS-14.16 | PVS-15.3 | 331.054 | 316.093 | 76.78 | 243.16 | 2922.73 | 8732.01 |
| CRS-14.7 | PVS-14.8 | 329.142 | 321.227 | 59.29 | 59.29 | 1759.50 | 1759.50 |
| PVS-14.8 | PVS-14.9 | 321.227 | 317.662 | 60.20 | 119.49 | 3448.07 | 5207.57 |
| PVS-14.9 | PVS-15.3 | 317.662 | 316.093 | 75.58 | 195.07 | 3537.21 | 8744.78 |
| PVS-15.3 | PVS-14.3.2 | 316.093 | 309.112 | 73.02 | 511.25 | 4093.25 | 21570.04 |
| PVS-14.3.2 | PVS-14.3 | 309.112 | 305.935 | 50.73 | 561.98 | 1620.49 | 23190.53 |
| PVS-14.3 | PVS-14.2 | 305.94 | 303.99 | 61.18 | 1395.40 | 2828.98 | 59246.68 |
| PVS-14.2 | PVS-14.1 | 303.986 | 303.595 | 10.54 | 1405.94 | 0.00 | 59246.68 |
| PVS 15,1 | PVS 14,1,1 | 313.314 | 307.354 | 62.70 | 62.70 | 1967.70 | 1967.70 |
| PVS 14,1,1 | PVS 14,1 | 307.354 | 303.595 | 44.52 | 107.22 | 1194.14 | 3161.84 |
| PVS-14.1 | PVS-14 | 303.595 | 300.921 | 75.76 | 1588.92 | 3145.33 | 65553.85 |
| PVS-11.2 | PVS-14 | 298.013 | 300.921 | 67.82 | 67.82 | 2567.74 | 2567.74 |
| PVS-14 | PVS-13 | 300.921 | 300.321 | 35.22 | 4983.12 | 1265.65 | 255805.96 |

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m²) | Area acumulada (m²) |
|----------------|------------|-----------------------|---------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| PVS-13 | PVS-12 | 300.321 | 298.853 | 52.30 | 5035.42 | 2960.11 | 258766.07 |
| PVS 14-3 | PVS 12.7 | 305.935 | 305.790 | 33.56 | 33.56 | 788.19 | 788.19 |
| PVS 12.7 | PVS 12.6 | 305.790 | 304.957 | 59.29 | 92.85 | 2405.59 | 3193.78 |
| PVS-12.6 | PVS-12.5 | 304.957 | 302.359 | 28.22 | 121.07 | 2131.03 | 5324.81 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.5.1 | 305.242 | 304.728 | 49.64 | 49.64 | 2160.52 | 2160.52 |
| PVS-12.5.1 | PVS-12.5 | 304.728 | 302.359 | 71.47 | 121.11 | 2071.59 | 4232.11 |
| PVS-12.5 | PVS-12.4 | 302.359 | 301.289 | 41.40 | 283.58 | 415.05 | 9971.97 |
| PVS-14.2 | PVS-12.4.1 | 303.986 | 302.126 | 63.19 | 63.19 | 2289.67 | 2289.67 |
| PVS-12.4.1 | PVS-12.4 | 302.126 | 301.289 | 51.47 | 114.66 | 1884.33 | 4174.00 |
| PVS-12.4 | PVS-12.3 | 301.289 | 300.988 | 26.36 | 424.60 | 402.54 | 14548.51 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.3.1 | 305.242 | 301.987 | 67.60 | 67.60 | 2052.35 | 2052.35 |
| PVS-12.3.1 | PVS-12.3 | 301.987 | 300.988 | 55.83 | 123.43 | 1455.28 | 3507.63 |
| PVS-12.3 | PVS-12.2 | 300.988 | 300.051 | 20.98 | 569.01 | 1048.59 | 19104.73 |
| CRS-12.2.2 | PVS-12.2.1 | 301.523 | 300.456 | 70.77 | 70.77 | 3660.18 | 3660.18 |
| PVS-12.2.1 | PVS-12.2 | 300.456 | 300.051 | 77.40 | 148.17 | 3693.38 | 7353.56 |
| PVS-12.2 | PVS-12.1 | 300.051 | 297.552 | 36.35 | 753.53 | 3002.99 | 29461.28 |
| PVS-12.1 | PVS-12 | 297.552 | 298.853 | 67.34 | 820.87 | 2424.92 | 31886.196 |
| PVS-12 | PVS-11 | 298.853 | 296.798 | 75.62 | 5931.91 | 2999.24 | 293651.51 |
| CRS-34.15.1 | PVS-11.6 | 306.610 | 305.309 | 55.51 | 55.51 | 3436.57 | 3436.57 |
| PVS-11.6 | PVS-11.5 | 305.309 | 304.949 | 56.56 | 112.07 | 3849.54 | 7286.12 |
| CRS-11.5.3 | PVS-11.5.2 | 322.253 | 315.102 | 50.56 | 50.56 | 1620.63 | 1620.63 |
| PVS-11.5.2 | PVS-11.5.1 | 315.102 | 312.876 | 18.31 | 68.87 | 1173.65 | 2794.28 |
| PVS-11.5.1 | PVS-11.5 | 312.876 | 304.949 | 65.81 | 134.68 | 2841.51 | 5635.79 |
| PVS-11.5 | PVS-11.4 | 304.949 | 303.452 | 38.59 | 285.34 | 3716.42 | 16638.33 |
| PVS-11.4 | PVS-11.3 | 303.452 | 302.106 | 31.60 | 316.94 | 2887.88 | 19526.22 |
| CRS-11.3.2 | PVS-11.3 | 304.464 | 302.106 | 85.92 | 85.92 | 2209.25 | 2209.25 |
| CRS-11.3.1 | PVS-11.3 | 305.880 | 302.106 | 65.74 | 65.74 | 3734.52 | 3734.52 |
| PVS-11.3 | PVS-11.2 | 302.106 | 298.013 | 34.15 | 502.75 | 2923.41 | 28393.40 |
| PVS-15 | PVS-11.2.2 | 312.458 | 309.973 | 37.09 | 37.09 | 1394.41 | 1394.41 |
| PVS-11.2.2 | PVS-11.2.1 | 309.973 | 303.568 | 49.60 | 86.69 | 2323.80 | 3718.21 |
| PVS-11.2.1 | PVS-11.2 | 303.568 | 298.013 | 29.92 | 116.61 | 408.87 | 4127.08 |
| PVS-11.2 | PVS-11.1 | 298.013 | 297.548 | 75.26 | 694.62 | 6717.21 | 39237.69 |
| PVS-11.1 | PVS-11 | 297.548 | 296.798 | 68.76 | 763.38 | 4845.91 | 44083.60 |

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m²) | Area acumulada (m²) |
|----------------|-----------|-----------------------|---------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| PVS-11 | PVS-10 | 296.798 | 296.063 | 52.61 | 6747.90 | 6589.03 | 344324.14 |
| PVS-10 | PVS-9 | 296.063 | 294.589 | 57.84 | 6805.74 | 4957.22 | 349281.36 |
| PVS-9 | PVS-8 | 294.589 | 294.052 | 44.60 | 6850.34 | 5223.00 | 354504.36 |
| CRS-8.4.1 | PVS-8.4 | 298.786 | 298.537 | 54.55 | 54.55 | 2126.94 | 2126.94 |
| CRS-8.4.2 | PVS-8.4 | 299.238 | 298.537 | 50.79 | 50.79 | 2148.22 | 2148.22 |
| PVS-8.4 | PVS-8.3 | 298.537 | 297.738 | 39.61 | 144.95 | 1342.52 | 5617.68 |
| PVS-8.3 | PVS-8.2 | 297.738 | 296.508 | 30.27 | 175.22 | 841.99 | 6459.67 |
| PVS-8.2 | PVS-8.1 | 296.508 | 295.248 | 34.67 | 209.89 | 0.00 | 6459.67 |
| PVS 8.1 | PVS 8 | 295.248 | 294.058 | 23.25 | 233.14 | 0 | 6459.67 |
| PVS-8 | PVS-7 | 294.052 | 292.821 | 64.25 | 7147.73 | 5841.59 | 366805.62 |
| PVS-7 | PVS-6 | 292.821 | 292.630 | 53.30 | 7201.03 | 6087.79 | 372893.41 |
| PVS-6 | PVS-5 | 292.630 | 289.511 | 70.90 | 7271.93 | 9217.93 | 382111.34 |
| PVS-5 | PVS-4 | 289.511 | 291.87 | 31.52 | 7303.45 | 3726.65 | 385837.99 |
| PVS-16.4 | PVS-34.14 | 329.088 | 326.512 | 79.07 | 79.07 | 3128.15 | 3128.15 |
| PVS-34.14 | PVS-34.13 | 326.512 | 322.557 | 82.69 | 161.76 | 5948.62 | 9076.77 |

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m²) | Area acumulada (m²) |
|----------------|-------------|-----------------------|--------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| PVS-34.13 | PVS-34.12 | 322.56 | 317.63 | 82.68 | 244.44 | 7068.64 | 16145.41 |
| CRS-34.18 | PVS-34.12 | 319.74 | 317.63 | 59.33 | 59.33 | 2922.43 | 2922.43 |
| PVS-34.12 | PVS-34.11 | 317.63 | 312.98 | 52.44 | 356.21 | 3401.64 | 22469.48 |
| PVS-34.11 | PVS-34.10 | 312.98 | 307.27 | 55.41 | 411.62 | 3288.89 | 25758.37 |
| CRS-11.5.3 | PVS-34.17 | 322.25 | 318.47 | 44.56 | 44.56 | 4059.82 | 4059.82 |
| CRS-34.18 | PVS-34.17 | 319.74 | 318.47 | 81.99 | 81.99 | 4128.92 | 4128.92 |
| PVS-34.17 | PVS-34.16 | 318.47 | 310.84 | 42.48 | 169.03 | 2535.57 | 10724.31 |
| PVS-34.16 | PVS-34.15 | 310.84 | 306.21 | 52.35 | 221.38 | 2670.72 | 13395.03 |
| CRS-34.15.1 | PVS-34.15 | 306.61 | 306.21 | 23.50 | 23.50 | 2408.95 | 2408.95 |
| PVS-34.15 | PVS-34.10 | 306.21 | 307.27 | 77.07 | 321.95 | 3574.88 | 19378.87 |
| PVS-34.10 | PVS-34.9 | 307.27 | 304.63 | 62.02 | 795.59 | 4620.18 | 49757.42 |
| PVS-34.9 | PVS-34.8 | 304.63 | 303.55 | 93.62 | 889.21 | 6109.13 | 55866.55 |
| PVS-34.8 | PVS-34.5 | 303.55 | 299.53 | 91.41 | 980.62 | 5209.17 | 61075.72 |
| CRS-11.3.1 | PVS-34.7.2 | 305.88 | 304.90 | 27.23 | 27.23 | 2363.25 | 2363.25 |
| PVS-34.7.2 | PVS-34.7.1 | 304.90 | 304.32 | 29.59 | 56.82 | 2373.00 | 4736.25 |
| PVS-34.7.1 | PVS-34.7 | 304.32 | 303.03 | 78.60 | 135.42 | 4909.60 | 9645.85 |
| CRS-11.3.2 | PVS-34.7 | 304.46 | 303.03 | 94.40 | 94.40 | 2384.61 | 2384.61 |
| PVS-34.7 | PVS-34.6 | 303.03 | 302.32 | 25.15 | 254.97 | 2276.26 | 14306.72 |
| PVS-34.6 | PVS-34.5 | 302.32 | 299.53 | 92.04 | 347.01 | 13103.82 | 27410.54 |
| PVS-34.5 | PVS-34.4 | 299.53 | 301.29 | 23.11 | 1350.74 | 4618.14 | 93104.40 |
| PVS-34.4 | PVS-34.3 | 301.29 | 302.90 | 75.63 | 1426.37 | 11379.51 | 104483.91 |
| PVS-34.3 | PVS-34.2 | 302.90 | 300.01 | 36.52 | 1462.89 | 6178.00 | 110661.91 |
| PVS-34.2 | PVS-34.1 | 300.01 | 301.26 | 95.60 | 1558.49 | 7688.96 | 118350.87 |
| PVS-34.1 | PVS-34 | 301.26 | 299.54 | 88.19 | 1646.68 | 4098.64 | 122449.52 |
| CRS-34.27 | PVS-34.26 | 301.46 | 301.00 | 76.29 | 76.29 | 3750.89 | 3750.89 |
| PVS-34.26 | PVS-34.25 | 301.00 | 298.73 | 76.76 | 153.05 | 5678.19 | 9429.08 |
| PVS-34.25 | PVS-34.24 | 298.73 | 299.20 | 96.05 | 249.10 | 6370.92 | 15800.00 |
| PVS-34.24 | PVS-34.23 | 299.20 | 298.16 | 43.72 | 292.82 | 4391.80 | 20191.80 |
| PVS-34.23 | PVS-34.22 | 298.16 | 297.95 | 95.93 | 388.75 | 9687.28 | 29879.08 |
| PVS-34.22 | PVS-34.21 | 297.95 | 297.77 | 37.04 | 425.79 | 3652.13 | 33531.21 |
| CRS-34.21.2 | PVS-34.21.1 | 299.72 | 298.54 | 71.86 | 71.86 | 3671.25 | 3671.25 |
| PVS-34.21.1 | PVS-34.21 | 298.54 | 297.77 | 42.4 | 114.26 | 2184.41 | 5855.66 |
| PVS-34.21 | PVS-34.20 | 297.77 | 299.02 | 79.91 | 619.96 | 4467.74 | 43854.61 |
| PVS-34.20 | PVS-34.19 | 299.02 | 298.78 | 28.23 | 648.19 | 2074.41 | 45929.02 |
| PVS-34.19 | PVS-34 | 298.78 | 299.54 | 78.59 | 726.78 | 5864.39 | 51793.41 |
| PVS-34 | PVS-33 | 299.54 | 299.21 | 76.00 | 2449.46 | 7095.37 | 181338.30 |
| PVS-33 | PVS-32 | 299.21 | 299.36 | 86.25 | 2535.71 | 16595.79 | 197934.09 |
| PVS-32 | PVS-31 | 299.36 | 299.06 | 47.51 | 2583.22 | 6642.79 | 204576.88 |
| PVS-31 | PVS-30 | 299.06 | 298.85 | 64.48 | 2647.70 | 5510.06 | 210086.94 |
| PVS-30 | PVS-29 | 298.85 | 297.24 | 42.60 | 2690.30 | 3840.33 | 213927.27 |
| PVS-29 | PVS-28 | 297.24 | 297.79 | 49.30 | 2739.60 | 3459.21 | 217386.48 |
| PVS-28 | PVS-4 | 297.79 | 291.87 | 33.880 | 2773.48 | 2731.7 | 220118.18 |

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo (m) | Lon.Transito (m) | Area local (m²) | Area acumulada (m²) |
|----------------|---------|-----------------------|---------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | | | | |
| PVS-4 | PVS-3 | 291.870 | 291.586 | 27.27 | 10104.20 | 344.41 | 606300.57 |
| PVS-3 | PVS-2 | 291.586 | 290.362 | 24.13 | 10128.33 | 688.01 | 606988.58 |
| PVS-2 | PVS-1 | 290.362 | 288.856 | 99.00 | 10227.33 | 5247.67 | 612236.25 |
| PVS 1 | CRS 1.1 | 288.856 | 283.747 | 33.12 | 10260.45 | 0 | 612236.25 |
| CRS 1.1 | CRS-1.2 | 283.747 | 282.214 | 64.98 | 10325.43 | 0 | 612236.25 |
| CRS-1.2 | PVS-1.3 | 282.214 | 283.747 | 50.56 | 10375.99 | 0 | 612236.25 |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | 283.747 | 284.639 | 36.30 | 10412.29 | 0 | 612236.25 |
| PVS-1.4 | CRS-1.5 | 284.639 | 282.012 | 32.19 | 10444.48 | 0 | 612236.25 |
| CRS-1.5 | CR-E | 282.012 | 282.325 | 9.73 | 10454.21 | 0 | 612236.25 |

Distribución de Caudales

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulad | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| PVS-27.4.6 | PVS-27.4.5 | 0.0489 | 0.0489 | 0.1467 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0029 | 0.150 |
| PVS-27.4.5 | PVS-27.4.4 | 0.0296 | 0.0785 | 0.2355 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0046 | 0.240 |
| PVS-27.4.4 | PVS-27.4 | 0.0197 | 0.0982 | 0.2946 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0064 | 0.301 |
| CRS-27.4.3 | PVS-27.4.2 | 0.0105 | 0.0105 | 0.0315 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0029 | 0.034 |
| PVS-27.4.2 | PVS-27.4.1 | 0.017 | 0.0275 | 0.0825 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0046 | 0.087 |
| PVS-27.4.1 | PVS-27.4 | 0.0214 | 0.049 | 0.147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0068 | 0.154 |
| PVS-27.4 | PVS-27.3 | 0.0522 | 0.1994 | 0.5982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0156 | 0.614 |
| PVS-27.3 | PVS-27.2 | 0.0485 | 0.2479 | 0.7437 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0185 | 0.762 |
| PVS-27.2 | PVS-27.1 | 0.0229 | 0.2708 | 0.8124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0.832 |
| PVS-27.1 | PVS-27 | 0.0349 | 0.3057 | 0.9171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0222 | 0.939 |
| PVS-27 | PVS-26 | 0.0448 | 0.3505 | 1.0515 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0336 | 0.025 | 1.110 |
| PVS-26 | PVS-25 | 0.0214 | 0.3719 | 1.1157 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0263 | 1.176 |
| PVS-25 | PVS-24 | 0.0199 | 0.3918 | 1.1754 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.028 | 1.237 |
| PVS-24 | PVS-23 | 0.0267 | 0.4185 | 1.2555 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0307 | 1.320 |
| PVS-23 | PVS-22 | 0.0582 | 0.4768 | 1.4304 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.034 | 1.498 |
| PVS-22 | PVS-21 | 0.0487 | 0.5255 | 1.5765 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0373 | 1.647 |
| CRS-21.6.1 | PVS-21.6 | 0.0275 | 0.0275 | 0.0825 | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0025 | 0.085 |

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulad o | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| CRS-14.12.1 | PVS-21.6 | 0.0192 | 0.0192 | 0.0576 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0018 | 0.059 |
| PVS-21.6 | PVS-21.5 | 0.0142 | 0.0609 | 0.1827 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0052 | 0.188 |
| PVS-21.5 | PVS-21.4 | 0.0131 | 0.0741 | 0.2223 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0065 | 0.229 |
| CRS-21.4.4 | PVS-21.4.3 | 0.0386 | 0.0386 | 0.1158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0029 | 0.119 |
| PVS-21.4.3 | PVS-21.4.2 | 0.0477 | 0.0863 | 0.2589 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0062 | 0.265 |
| PVS-21.4.2 | PVS-21.4.1 | 0.0267 | 0.1131 | 0.3393 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0079 | 0.347 |
| PVS-21.4.1 | PVS-21.4 | 0.0253 | 0.1383 | 0.4149 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0095 | 0.424 |
| PVS-21.4 | PVS-21.3 | 0.0187 | 0.2311 | 0.6933 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0179 | 0.711 |
| PVS-21.3 | PVS-21.2 | 0.0469 | 0.278 | 0.834 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0212 | 0.855 |
| PVS-21.2 | PVS-21.1 | 0.0296 | 0.3075 | 0.9225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.024 | 0.947 |
| PVS-21.1 | PVS-21 | 0 | 0.3075 | 0.9225 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0243 | 0.947 |
| PVS-21 | PVS-20 | 0.0349 | 0.8679 | 2.6037 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0637 | 2.701 |
| PVS-20 | PVS-19 | 0.0537 | 0.9216 | 2.7648 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0668 | 2.865 |
| CRS-21.6.1 | PVS-19 | 0.0182 | 0.0182 | 0.0546 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0031 | 0.058 |
| PVS-16.4.2 | PVS-19 | 0.0276 | 0.0276 | 0.0828 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0027 | 0.086 |
| PVS-19 | PVS-18 | 0.0288 | 0.9962 | 2.9886 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0752 | 3.097 |
| PVS-18 | PVS-17 | 0.0393 | 1.0356 | 3.1068 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0779 | 3.218 |
| PVS-17 | PVS-16 | 0.012 | 1.0475 | 3.1425 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0801 | 3.256 |
| PVS-16.4.2 | PVS-16.4.1 | 0.0394 | 0.0394 | 0.1182 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0009 | 0.119 |
| PVS-16.4.1 | PVS-16.4 | 0.0213 | 0.0607 | 0.1821 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0033 | 0.185 |
| PVS-16.4 | PVS-16.3 | 0.0109 | 0.0715 | 0.2145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0046 | 0.219 |
| PVS-16.3 | PVS-16.2 | 0.024 | 0.0955 | 0.2865 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.006 | 0.293 |
| PVS-34.14 | PVS-16.2.1 | 0.0208 | 0.0208 | 0.0624 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0023 | 0.065 |
| PVS-16.2.1 | PVS-16.2 | 0.0085 | 0.0294 | 0.0882 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0031 | 0.091 |
| PVS-16.2 | PVS-16.1 | 0.0239 | 0.1487 | 0.4461 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0107 | 0.457 |
| PVS-16.1 | PVS-16 | 0.0279 | 0.1767 | 0.5301 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.013 | 0.543 |
| CRS-11.5.3 | PVS-16 | 0.0136 | 0.0136 | 0.0408 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0019 | 0.043 |
| PVS-16 | PVS-15 | 0.0098 | 1.2476 | 3.7428 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0978 | 3.874 |
| PVS-15.3 | PVS-15.2 | 0.0096 | 0.0096 | 0.0288 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0019 | 0.031 |
| PVS-17 | PVS-15.2 | 0.0191 | 0.0191 | 0.0573 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0027 | 0.060 |
| PVS-15.2 | PVS-15.1 | 0.0186 | 0.0473 | 0.1419 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0336 | 0.0072 | 0.183 |
| PVS-15.1 | PVS-15 | 0.0089 | 0.0562 | 0.1686 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0088 | 0.211 |

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulad o | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| PVS-15 | PVS-14 | 0.011 | 1.3149 | 3.9447 | 0.0378 | 0.0378 | 0.0000 | 0.0672 | 0.1097 | 4.159 |
| CRS-14.12.1 | PVS-14.12 | 0.0105 | 0.0105 | 0.0315 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0013 | 0.033 |
| CRS-14.13 | PVS-14.12 | 0.0132 | 0.0132 | 0.0396 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.002 | 0.042 |
| PVS-14.12 | PVS-14.11 | 0.0053 | 0.029 | 0.087 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0047 | 0.092 |
| PVS-14.11 | PVS-14.10 | 0.0214 | 0.0504 | 0.1512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.007 | 0.158 |
| PVS-14.10 | PVS-14.6 | 0.0058 | 0.0562 | 0.1686 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.008 | 0.177 |
| CRS-14.6.3 | PVS-14.6.2 | 0.0226 | 0.0226 | 0.0678 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0022 | 0.070 |
| PVS-14.6.2 | PVS-14.6.1 | 0.0274 | 0.05 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0043 | 0.154 |
| PVS-14.6.1 | PVS-14.6 | 0.0232 | 0.0732 | 0.2196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0071 | 0.227 |
| PVS-14.6 | PVS-14.5 | 0.03 | 0.1594 | 0.4782 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0183 | 0.497 |
| CRS-14.7 | PVS-14.5 | 0.0244 | 0.0244 | 0.0732 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0022 | 0.075 |
| PVS-14.5 | PVS-14.4 | 0.0255 | 0.2093 | 0.6279 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0229 | 0.651 |
| PVS-14.4 | PVS-14.3 | 0.0251 | 0.2344 | 0.7032 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0257 | 0.729 |
| CRS-14.13 | PVS-14.14 | 0.0148 | 0.0148 | 0.0444 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0016 | 0.046 |
| PVS-14.14 | PVS-14.15 | 0.0043 | 0.0192 | 0.0576 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.003 | 0.061 |
| PVS-14.15 | PVS-14.16 | 0.0218 | 0.041 | 0.123 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0055 | 0.129 |
| PVS-14.16 | PVS-15.3 | 0.0206 | 0.0616 | 0.1848 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0081 | 0.193 |
| CRS-14.7 | PVS-14.8 | 0.0124 | 0.0124 | 0.0372 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.002 | 0.039 |
| PVS-14.8 | PVS-14.9 | 0.0243 | 0.0367 | 0.1101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.004 | 0.114 |
| PVS-14.9 | PVS-15.3 | 0.0249 | 0.0617 | 0.1851 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0065 | 0.192 |
| PVS-15.3 | PVS-14.3.2 | 0.0289 | 0.1521 | 0.4563 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.017 | 0.473 |
| PVS-14.3.2 | PVS-14.3 | 0.0114 | 0.1636 | 0.4908 | 0.0378 | 0.0378 | 0 | 0 | 0.0187 | 0.547 |
| PVS-14.3 | PVS-14.2 | 0.02 | 0.4179 | 1.2537 | 0.0378 | 0.0756 | 0 | 0 | 0.0465 | 1.376 |
| PVS-14.2 | PVS-14.1 | 0 | 0.4179 | 1.2537 | 0 | 0.0756 | 0 | 0 | 0.0469 | 1.376 |
| PVS 15,1 | PVS 14,1,1 | 0.0139 | 0.0139 | 0.0417 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0021 | 0.044 |
| PVS 14,1,1 | PVS 14,1 | 0.0084 | 0.0223 | 0.0669 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0036 | 0.071 |
| PVS-14.1 | PVS-14 | 0.0222 | 0.4624 | 1.3872 | 0 | 0.0756 | 0 | 0 | 0.053 | 1.516 |
| PVS-11.2 | PVS-14 | 0.0181 | 0.0181 | 0.0543 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0023 | 0.057 |
| PVS-14 | PVS-13 | 0.0089 | 1.8043 | 5.4129 | 0 | 0.1134 | 0.0000 | 0.0672 | 0.1661 | 5.760 |

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| PVS-13 | PVS-12 | 0.0209 | 1.8252 | 5.4756 | 0 | 0.1134 | 0.0000 | 0.0672 | 0.1678 | 5.824 |
| PVS 14-3 | PVS 12.7 | 0.0056 | 0.0056 | 0.0168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0011 | 0.018 |
| PVS 12.7 | PVS 12.6 | 0.017 | 0.0225 | 0.0675 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0031 | 0.071 |
| PVS-12.6 | PVS-12.5 | 0.015 | 0.0376 | 0.1128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.004 | 0.117 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.5.1 | 0.0152 | 0.0152 | 0.0456 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0017 | 0.047 |
| PVS-12.5.1 | PVS-12.5 | 0.0146 | 0.0299 | 0.0897 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.004 | 0.094 |
| PVS-12.5 | PVS-12.4 | 0.0029 | 0.0703 | 0.2109 | 0.0378 | 0.0378 | 0 | 0 | 0.0095 | 0.258 |
| PVS-14.2 | PVS-12.4.1 | 0.0161 | 0.0161 | 0.0483 | 0 | 0.0000 | 0 | 0 | 0.0021 | 0.050 |
| PVS-12.4.1 | PVS-12.4 | 0.0133 | 0.0294 | 0.0882 | 0 | 0.0000 | 0.0336 | 0.0336 | 0.0038 | 0.126 |
| PVS-12.4 | PVS-12.3 | 0.0028 | 0.1026 | 0.3078 | 0 | 0.0378 | 0.0336 | 0.0672 | 0.0142 | 0.427 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.3.1 | 0.0145 | 0.0145 | 0.0435 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0023 | 0.046 |
| PVS-12.3.1 | PVS-12.3 | 0.0103 | 0.0247 | 0.0741 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0041 | 0.078 |
| PVS-12.3 | PVS-12.2 | 0.0074 | 0.1348 | 0.4044 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0672 | 0.019 | 0.528 |
| CRS-12.2.2 | PVS-12.2.1 | 0.0258 | 0.0258 | 0.0774 | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0024 | 0.080 |
| PVS-12.2.1 | PVS-12.2 | 0.0261 | 0.0519 | 0.1557 | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0049 | 0.161 |
| PVS-12.2 | PVS-12.1 | 0.0212 | 0.2078 | 0.6234 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0672 | 0.0251 | 0.753 |
| PVS-12.1 | PVS-12 | 0.0171 | 0.2249 | 0.6747 | 0 | 0.0378 | 0.0336 | 0.1008 | 0.0274 | 0.841 |
| PVS-12 | PVS-11 | 0.0212 | 2.0712 | 6.2136 | 0 | 0.1511 | 0 | 0.1679 | 0.1977 | 6.730 |
| CRS-34.15.1 | PVS-11.6 | 0.0242 | 0.0242 | 0.0726 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0019 | 0.075 |
| PVS-11.6 | PVS-11.5 | 0.0272 | 0.0514 | 0.1542 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0037 | 0.158 |
| CRS-11.5.3 | PVS-11.5.2 | 0.0114 | 0.0114 | 0.0342 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0017 | 0.036 |
| PVS-11.5.2 | PVS-11.5.1 | 0.0083 | 0.0197 | 0.0591 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0023 | 0.061 |
| PVS-11.5.1 | PVS-11.5 | 0.02 | 0.0398 | 0.1194 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0045 | 0.124 |
| PVS-11.5 | PVS-11.4 | 0.0262 | 0.1174 | 0.3522 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0336 | 0.0095 | 0.395 |
| PVS-11.4 | PVS-11.3 | 0.0204 | 0.1377 | 0.4131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0106 | 0.424 |
| CRS-11.3.2 | PVS-11.3 | 0.0156 | 0.0156 | 0.0468 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0029 | 0.050 |
| CRS-11.3.1 | PVS-11.3 | 0.0263 | 0.0263 | 0.0789 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0022 | 0.081 |
| PVS-11.3 | PVS-11.2 | 0.0206 | 0.2003 | 0.6009 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0168 | 0.651 |
| PVS-15 | PVS-11.2.2 | 0.0098 | 0.0098 | 0.0294 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0012 | 0.031 |
| PVS-11.2.2 | PVS-11.2.1 | 0.0164 | 0.0262 | 0.0786 | 0.0378 | 0.0378 | 0 | 0 | 0.0029 | 0.119 |
| PVS-11.2.1 | PVS-11.2 | 0.0029 | 0.0291 | 0.0873 | 0 | 0.0378 | 0 | 0 | 0.0039 | 0.129 |
| PVS-11.2 | PVS-11.1 | 0.0474 | 0.2768 | 0.8304 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0336 | 0.0232 | 0.925 |
| PVS-11.1 | PVS-11 | 0.0342 | 0.3109 | 0.9327 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0336 | 0.0254 | 1.029 |

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|-----------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| PVS-11 | PVS-10 | 0.0465 | 2.4286 | 7.2858 | 0 | 0.1889 | 0 | 0.2015 | 0.2249 | 7.901 |
| PVS-10 | PVS-9 | 0.035 | 2.4636 | 7.3908 | 0 | 0.1889 | 0 | 0.2015 | 0.2269 | 8.008 |
| PVS-9 | PVS-8 | 0.0368 | 2.5004 | 7.5012 | 0 | 0.1889 | 0 | 0.2015 | 0.2283 | 8.120 |
| CRS-8.4.1 | PVS-8.4 | 0.015 | 0.015 | 0.045 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0018 | 0.047 |
| CRS-8.4.2 | PVS-8.4 | 0.0152 | 0.0152 | 0.0456 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0017 | 0.047 |
| PVS-8.4 | PVS-8.3 | 0.0095 | 0.0396 | 0.1188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0048 | 0.124 |
| PVS-8.3 | PVS-8.2 | 0.0059 | 0.0456 | 0.1368 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0058 | 0.143 |
| PVS-8.2 | PVS-8.1 | 0 | 0.0456 | 0.1368 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.007 | 0.144 |
| PVS 8.1 | PVS 8 | 0 | 0.0456 | 0.1368 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0078 | 0.145 |
| PVS-8 | PVS-7 | 0.0412 | 2.5872 | 7.7616 | 0 | 0.1889 | 0 | 0.2015 | 0.2383 | 8.390 |
| PVS-7 | PVS-6 | 0.0429 | 2.6301 | 7.8903 | 0 | 0.1889 | 0 | 0.2015 | 0.24 | 8.521 |
| PVS-6 | PVS-5 | 0.065 | 2.6952 | 8.0856 | 0 | 0.1889 | 0 | 0.2015 | 0.2424 | 8.718 |
| PVS-5 | PVS-4 | 0.0263 | 2.7214 | 8.1642 | 0 | 0.1889 | | 0.2015 | 0.2434 | 8.798 |
| PVS-16.4 | PVS-34.14 | 0.0221 | 0.0221 | 0.0663 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0026 | 0.069 |
| PVS-34.14 | PVS-34.13 | 0.042 | 0.064 | 0.192 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0054 | 0.197 |

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| PVS-34.13 | PVS-34.12 | 0.0499 | 0.1139 | 0.3417 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0081 | 0.350 |
| CRS-34.18 | PVS-34.12 | 0.0206 | 0.0206 | 0.0618 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.002 | 0.064 |
| PVS-34.12 | PVS-34.11 | 0.024 | 0.1585 | 0.4755 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0119 | 0.487 |
| PVS-34.11 | PVS-34.10 | 0.0232 | 0.1817 | 0.5451 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0137 | 0.559 |
| CRS-11.5.3 | PVS-34.17 | 0.0286 | 0.0286 | 0.0858 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0015 | 0.087 |
| CRS-34.18 | PVS-34.17 | 0.0291 | 0.0291 | 0.0873 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0027 | 0.090 |
| PVS-34.17 | PVS-34.16 | 0.0179 | 0.0756 | 0.2268 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0056 | 0.232 |
| PVS-34.16 | PVS-34.15 | 0.0188 | 0.0945 | 0.2835 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0074 | 0.291 |
| CRS-34.15.1 | PVS-34.15 | 0.017 | 0.017 | 0.051 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0008 | 0.052 |
| PVS-34.15 | PVS-34.10 | 0.0252 | 0.1367 | 0.4101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0107 | 0.421 |
| PVS-34.10 | PVS-34.9 | 0.0326 | 0.351 | 1.053 | 0.0378 | 0.0378 | 0 | 0 | 0.0265 | 1.117 |
| PVS-34.9 | PVS-34.8 | 0.0431 | 0.394 | 1.182 | 0.0378 | 0.0756 | 0 | 0 | 0.0296 | 1.287 |
| PVS-34.8 | PVS-34.5 | 0.0367 | 0.4308 | 1.2924 | 0 | 0.0756 | 0 | 0 | 0.0327 | 1.401 |
| CRS-11.3.1 | PVS-34.7.2 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0501 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0336 | 0.0009 | 0.085 |
| PVS-34.7.2 | PVS-34.7.1 | 0.0167 | 0.0334 | 0.1002 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0019 | 0.136 |
| PVS-34.7.1 | PVS-34.7 | 0.0346 | 0.068 | 0.204 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0045 | 0.242 |
| CRS-11.3.2 | PVS-34.7 | 0.0168 | 0.0168 | 0.0504 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0031 | 0.054 |
| PVS-34.7 | PVS-34.6 | 0.0161 | 0.1009 | 0.3027 | 0 | 0 | 0 | 0.0336 | 0.0085 | 0.345 |
| PVS-34.6 | PVS-34.5 | 0.0924 | 0.1933 | 0.5799 | 0 | 0.0756 | 0 | 0.0336 | 0.0116 | 0.701 |
| PVS-34.5 | PVS-34.4 | 0.0326 | 0.6567 | 1.9701 | 0 | 0.0756 | 0 | 0.0336 | 0.045 | 2.124 |
| PVS-34.4 | PVS-34.3 | 0.0803 | 0.737 | 2.211 | 0 | 0.0756 | 0.0336 | 0.0672 | 0.0475 | 2.401 |
| PVS-34.3 | PVS-34.2 | 0.0436 | 0.7805 | 2.3415 | 0 | 0.0756 | 0 | 0.0672 | 0.0488 | 2.533 |
| PVS-34.2 | PVS-34.1 | 0.0542 | 0.8348 | 2.5044 | 0 | 0.0756 | 0 | 0.0672 | 0.0519 | 2.699 |
| PVS-34.1 | PVS-34 | 0.0289 | 0.8637 | 2.5911 | 0 | 0.0756 | 0 | 0.0672 | 0.0549 | 2.789 |
| CRS-34.27 | PVS-34.26 | 0.0265 | 0.0265 | 0.0795 | 0 | 0.0000 | 0 | 0.0000 | 0.0025 | 0.082 |
| PVS-34.26 | PVS-34.25 | 0.0401 | 0.0665 | 0.1995 | 0 | 0.0000 | 0 | 0.0000 | 0.0051 | 0.205 |
| PVS-34.25 | PVS-34.24 | 0.0449 | 0.1114 | 0.3342 | 0.0378 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.0083 | 0.380 |
| PVS-34.24 | PVS-34.23 | 0.031 | 0.1424 | 0.4272 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.0098 | 0.475 |
| PVS-34.23 | PVS-34.22 | 0.0683 | 0.2107 | 0.6321 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.013 | 0.683 |
| PVS-34.22 | PVS-34.21 | 0.0258 | 0.2365 | 0.7095 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.0142 | 0.761 |
| CRS-34.21.2 | PVS-34.21.1 | 0.0259 | 0.0259 | 0.0777 | 0 | 0.0000 | 0 | 0.0000 | 0.0024 | 0.080 |
| PVS-34.21.1 | PVS-34.21 | 0.0154 | 0.0413 | 0.1239 | 0 | 0.0000 | 0 | 0.0000 | 0.0038 | 0.128 |
| PVS-34.21 | PVS-34.20 | 0.0315 | 0.3093 | 0.9279 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.0207 | 0.986 |
| PVS-34.20 | PVS-34.19 | 0.0146 | 0.324 | 0.972 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.0216 | 1.031 |
| PVS-34.19 | PVS-34 | 0.0414 | 0.3653 | 1.0959 | 0 | 0.0378 | 0 | 0.0000 | 0.0242 | 1.158 |
| PVS-34 | PVS-33 | 0.05 | 1.279 | 3.837 | 0 | 0.1134 | 0.0336 | 0.1008 | 0.0816 | 4.133 |
| PVS-33 | PVS-32 | 0.1171 | 1.3961 | 4.1883 | 0 | 0.1134 | 0 | 0.1008 | 0.0845 | 4.487 |
| PVS-32 | PVS-31 | 0.0469 | 1.4429 | 4.3287 | 0 | 0.1134 | 0 | 0.1008 | 0.0861 | 4.629 |
| PVS-31 | PVS-30 | 0.0389 | 1.4818 | 4.4454 | 0 | 0.1134 | 0 | 0.1008 | 0.0883 | 4.748 |
| PVS-30 | PVS-29 | 0.0271 | 1.5089 | 4.5267 | 0 | 0.1134 | 0 | 0.1008 | 0.0897 | 4.831 |
| PVS-29 | PVS-28 | 0.0244 | 1.5333 | 4.5999 | 0 | 0.1134 | 0 | 0.1008 | 0.0913 | 4.905 |
| PVS-28 | PVS-4 | 0.0193 | 1.5526 | 4.6578 | 0 | 0.1134 | 0 | 0.1008 | 0.0924 | 4.964 |

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio Dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) |
|----------------|---------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | |
| PVS-4 | PVS-3 | 0.0024 | 4.2764 | 12.8292 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3368 | 13.7706 |
| PVS-3 | PVS-2 | 0.0049 | 4.2813 | 12.8439 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3376 | 13.7861 |
| PVS-2 | PVS-1 | 0.037 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3409 | 13.9004 |
| PVS 1 | PVS 1.1 | 0 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.342 | 13.9015 |
| CRS 1.1 | PVS-1.2 | 0 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3442 | 13.9037 |
| CRS-1.2 | PVS-1.3 | 0 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3459 | 13.9054 |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | 0 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3471 | 13.9066 |
| PVS-1.4 | PVS-1.5 | 0 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3481 | 13.9076 |
| CRS-1.5 | CR-E | 0 | 4.3183 | 12.9549 | 0 | 0.3023 | 0 | 0.3023 | 0.3485 | 13.9080 |

Detalle Hidráulico

| Pozo de Visita | | Pendiente Terreno (%) | Pendiente Tubo (%) | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre (Pa) | Vd (m/s) | Pérdidas (m) |
|----------------|------------|--------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|---------------------|----------|-----------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | | | |
| PVS-27.4.6 | PVS-27.4.5 | 12.39 | 12.40 | 77.541 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.703 | 0.28 | 0.001 |
| PVS-27.4.5 | PVS-27.4.4 | 10.58 | 10.50 | 71.354 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 2.163 | 0.40 | 0.002 |
| PVS-27.4.4 | PVS-27.4 | 11.28 | 11.00 | 73.033 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 3.021 | 0.54 | 0.004 |
| CRS-27.4.3 | PVS-27.4.2 | 9.71 | 10.30 | 23.970 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.505 | 0.10 | 0.000 |
| PVS-27.4.2 | PVS-27.4.1 | 9.53 | 14.00 | 82.392 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.961 | 0.15 | 0.000 |
| PVS-27.4.1 | PVS-27.4 | 14.50 | 11.20 | 73.694 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.538 | 0.27 | 0.001 |
| PVS-27.4 | PVS-27.3 | 6.89 | 6.80 | 57.422 | 0.011 | 0.333 | 0.075 | 0.193 | 0.007 | 4.803 | 1.08 | 0.015 |
| PVS-27.3 | PVS-27.2 | 1.90 | 1.90 | 30.353 | 0.025 | 0.423 | 0.109 | 0.276 | 0.010 | 1.938 | 0.73 | 0.007 |
| PVS-27.2 | PVS-27.1 | 4.24 | 4.00 | 44.040 | 0.019 | 0.393 | 0.097 | 0.246 | 0.009 | 3.610 | 0.98 | 0.012 |
| PVS-27.1 | PVS-27 | 0.48 | 0.80 | 19.70 | 0.048 | 0.515 | 0.149 | 0.370 | 0.014 | 1.091 | 0.57 | 0.004 |
| PVS-27 | PVS-26 | 0.25 | 0.70 | 18.423 | 0.060 | 0.551 | 0.167 | 0.409 | 0.015 | 1.051 | 0.57 | 0.004 |
| PVS-26 | PVS-25 | 0.76 | 0.71 | 18.555 | 0.063 | 0.559 | 0.171 | 0.417 | 0.016 | 1.087 | 0.59 | 0.004 |
| PVS-25 | PVS-24 | -1.83 | 0.65 | 17.753 | 0.070 | 0.576 | 0.179 | 0.437 | 0.016 | 1.046 | 0.58 | 0.004 |
| PVS-24 | PVS-23 | -0.82 | 0.65 | 17.753 | 0.074 | 0.585 | 0.184 | 0.456 | 0.017 | 1.090 | 0.59 | 0.00 |
| PVS-23 | PVS-22 | 2.76 | 0.60 | 17.057 | 0.088 | 0.616 | 0.201 | 0.487 | 0.018 | 1.077 | 0.59 | 0.00 |
| PVS-22 | PVS-21 | 2.14 | 2.50 | 34.817 | 0.047 | 0.512 | 0.148 | 0.366 | 0.014 | 3.360 | 1.01 | 0.013 |
| CRS-21.6.1 | PVS-21.6 | 2.88 | 4.00 | 14.937 | 0.006 | 0.196 | 0.043 | 0.112 | 0.003 | 1.099 | 0.37 | 0.002 |

| Pozo de Visita | | Pendiente | Pendiente | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre | Vd (m/s) | Pérdidas |
|----------------|------------|-------------|-----------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|-------------|----------|----------|
| Desde | Hasta | Terreno (%) | Tubo (%) | | | | | | | (Pa) | | (m) |
| CRS-14.12.1 | PVS-21.6 | 1.82 | 5.00 | 16.701 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 0.932 | 0.28 | 0.001 |
| PVS-21.6 | PVS-21.5 | 11.68 | 7.00 | 58.260 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.442 | 0.32 | 0.001 |
| PVS-21.5 | PVS-21.4 | 5.22 | 5.50 | 51.642 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 1.511 | 0.38 | 0.002 |
| CRS-21.4.4 | PVS-21.4.3 | 1.61 | 2.20 | 11.078 | 0.011 | 0.333 | 0.075 | 0.186 | 0.005 | 1.014 | 0.47 | 0.003 |
| PVS-21.4.3 | PVS-21.4.2 | 0.13 | 1.50 | 26.969 | 0.010 | 0.326 | 0.072 | 0.186 | 0.007 | 1.030 | 0.50 | 0.003 |
| PVS-21.4.2 | PVS-21.4.1 | 3.09 | 1.50 | 26.969 | 0.013 | 0.348 | 0.080 | 0.186 | 0.007 | 1.030 | 0.53 | 0.004 |
| PVS-21.4.1 | PVS-21.4 | -3.10 | 1.50 | 26.969 | 0.016 | 0.369 | 0.088 | 0.186 | 0.007 | 1.030 | 0.560 | 0.004 |
| PVS-21.4 | PVS-21.3 | 1.95 | 0.90 | 20.890 | 0.034 | 0.328 | 0.124 | 0.312 | 0.012 | 1.033 | 0.390 | 0.002 |
| PVS-21.3 | PVS-21.2 | 0.53 | 0.80 | 19.696 | 0.043 | 0.495 | 0.140 | 0.348 | 0.013 | 1.028 | 0.550 | 0.004 |
| PVS-21.2 | PVS-21.1 | -0.11 | 0.80 | 19.696 | 0.048 | 0.512 | 0.148 | 0.366 | 0.014 | 1.075 | 0.570 | 0.004 |
| PVS-21.1 | PVS-21 | -10.47 | 0.75 | 19.070 | 0.050 | 0.519 | 0.151 | 0.373 | 0.014 | 1.030 | 0.560 | 0.004 |
| PVS-21 | PVS-20 | 0.35 | 0.40 | 13.927 | 0.194 | 0.770 | 0.295 | 0.675 | 0.025 | 0.993 | 0.610 | 0.005 |
| PVS-20 | PVS-19 | 1.02 | 0.40 | 13.927 | 0.206 | 0.783 | 0.305 | 0.693 | 0.026 | 1.020 | 0.62 | 0.005 |
| CRS-21.6.1 | PVS-19 | 9.55 | 12.00 | 25.872 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.059 | 0.21 | 0.001 |
| PVS 16.4.2 | PVS-19 | 6.51 | 8.00 | 62.283 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.549 | 0.12 | 0.000 |
| PVS-19 | PVS-18 | 4.85 | 0.40 | 13.927 | 0.222 | 0.804 | 0.320 | 0.721 | 0.027 | 1.059 | 0.630 | 0.005 |
| PVS-18 | PVS-17 | 3.38 | 2.80 | 36.847 | 0.087 | 0.614 | 0.199 | 0.487 | 0.018 | 5.027 | 1.28 | 0.021 |
| PVS-17 | PVS-16 | 4.58 | 4.00 | 44.040 | 0.074 | 0.585 | 0.184 | 0.456 | 0.017 | 6.710 | 1.46 | 0.027 |
| PVS-16.4.2 | PVS-16.4.1 | 8.51 | 8.50 | 64.20 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.167 | 0.240 | 0.001 |
| PVS-16.4.1 | PVS-16.4 | 5.75 | 5.70 | 52.573 | 0.004 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.174 | 0.29 | 0.001 |
| PVS-16.4 | PVS-16.3 | 3.77 | 3.70 | 42.357 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.004 | 1.270 | 0.39 | 0.002 |
| PVS-16.3 | PVS-16.2 | 5.65 | 5.00 | 49.239 | 0.006 | 0.196 | 0.043 | 0.112 | 0.004 | 2.060 | 0.55 | 0.004 |
| PVS-34.14 | PVS-16.2.1 | 0.24 | 0.50 | 15.571 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 0.137 | 0.11 | 0.000 |
| PVS-16.2.1 | PVS-16.2 | 4.83 | 4.00 | 44.040 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 0.549 | 0.16 | 0.000 |
| PVS-16.2 | PVS-16.1 | 2.22 | 2.20 | 32.661 | 0.014 | 0.355 | 0.083 | 0.212 | 0.008 | 1.727 | 0.66 | 0.006 |
| PVS-16.1 | PVS-16 | 4.74 | 4.50 | 46.712 | 0.012 | 0.333 | 0.075 | 0.193 | 0.007 | 3.178 | 0.88 | 0.010 |
| CRS-11.5.3 | PVS-16 | 2.59 | 3.50 | 13.973 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.001 | 0.481 | 0.17 | 0.000 |
| PVS-16 | PVS-15 | 9.76 | 11.00 | 73.033 | 0.053 | 0.531 | 0.157 | 0.387 | 0.015 | 15.647 | 2.19 | 0.061 |
| PVS-15.3 | PVS-15.2 | 1.54 | 2.00 | 31.141 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.137 | 0.06 | 0.000 |
| PVS-17 | PVS-15.2 | 10.44 | 10.00 | 69.634 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.687 | 0.13 | 0.000 |
| PVS-15.2 | PVS-15.1 | 2.43 | 3.00 | 38.140 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.004 | 1.030 | 0.35 | 0.002 |
| PVS-15.1 | PVS-15 | 1.81 | 3.20 | 39.391 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.004 | 1.099 | 0.36 | 0.002 |

| Pozo de Visita | | Pendiente Terreno (%) | Pendiente Tubo (%) | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre (Pa) | Vd (m/s) | Pérdidas (m) |
|----------------|------------|--------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|---------------------|----------|-----------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | | | |
| PVS-15 | PVS-14 | -26.01 | 13.00 | 79.395 | 0.052 | 0.528 | 0.155 | 0.383 | 0.014 | 18.364 | 2.37 | 0.072 |
| CRS-14.12.1 | PVS-14.12 | 4.47 | 6.00 | 18.295 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 0.530 | 0.15 | 0.000 |
| CRS-14.13 | PVS-14.12 | 0.25 | 2.00 | 10.562 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 0.373 | 0.17 | 0.000 |
| PVS-14.12 | PVS-14.11 | 6.33 | 7.30 | 59.495 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.003 | 0.22 | 0.001 |
| PVS-14.11 | PVS-14.10 | 1.01 | 3.70 | 42.357 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 1.016 | 0.31 | 0.001 |
| PVS-14.10 | PVS-14.6 | 1.76 | 3.65 | 42.070 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 1.003 | 0.31 | 0.001 |
| CRS-14.6.3 | PVS-14.6.2 | 0.49 | 2.00 | 10.562 | 0.007 | 0.228 | 0.050 | 0.130 | 0.003 | 0.647 | 0.31 | 0.001 |
| PVS-14.6.2 | PVS-14.6.1 | 1.78 | 1.50 | 26.969 | 0.006 | 0.196 | 0.043 | 0.112 | 0.004 | 0.618 | 0.30 | 0.001 |
| PVS-14.6.1 | PVS-14.6 | 0.29 | 2.10 | 31.910 | 0.007 | 0.228 | 0.050 | 0.130 | 0.005 | 1.009 | 0.41 | 0.002 |
| PVS-14.6 | PVS-14.5 | 6.95 | 3.20 | 39.391 | 0.013 | 0.340 | 0.077 | 0.199 | 0.008 | 2.354 | 0.76 | 0.007 |
| CRS-14.7 | PVS-14.5 | 5.45 | 6.20 | 18.597 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 1.156 | 0.31 | 0.001 |
| PVS-14.5 | PVS-14.4 | 9.05 | 9.50 | 67.871 | 0.010 | 0.326 | 0.072 | 0.186 | 0.007 | 6.524 | 1.25 | 0.020 |
| PVS-14.4 | PVS-14.3 | 15.31 | 15.00 | 85.284 | 0.009 | 0.261 | 0.058 | 0.149 | 0.006 | 8.240 | 1.26 | 0.020 |
| CRS-14.13 | PVS-14.14 | 1.03 | 4.00 | 14.937 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.001 | 0.549 | 0.19 | 0.001 |
| PVS-14.14 | PVS-14.15 | 5.05 | 5.00 | 49.239 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.343 | 0.09 | 0.000 |
| PVS-14.15 | PVS-14.16 | 3.59 | 4.90 | 48.744 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.009 | 0.27 | 0.001 |
| PVS-14.16 | PVS-15.3 | 19.49 | 17.00 | 90.792 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 2.335 | 0.33 | 0.001 |
| CRS-14.7 | PVS-14.8 | 13.35 | 14.50 | 28.440 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.711 | 0.12 | 0.000 |
| PVS-14.8 | PVS-14.9 | 5.92 | 7.30 | 59.495 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.003 | 0.22 | 0.001 |
| PVS-14.9 | PVS-15.3 | 2.08 | 3.00 | 38.140 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.004 | 1.030 | 0.35 | 0.002 |
| PVS-15.3 | PVS-14.3.2 | 9.56 | 7.50 | 60.305 | 0.008 | 0.261 | 0.058 | 0.149 | 0.006 | 4.120 | 0.89 | 0.010 |
| PVS-14.3.2 | PVS-14.3 | 6.26 | 6.30 | 55.270 | 0.010 | 0.326 | 0.072 | 0.186 | 0.007 | 4.326 | 1.02 | 0.013 |
| PVS-14.3 | PVS-14.2 | 3.19 | 3.00 | 38.140 | 0.036 | 0.472 | 0.130 | 0.325 | 0.012 | 3.590 | 1.02 | 0.013 |
| PVS-14.2 | PVS-14.1 | 3.71 | 6.00 | 53.938 | 0.026 | 0.428 | 0.111 | 0.280 | 0.011 | 6.180 | 1.31 | 0.022 |
| PVS 15,1 | PVS 14,1,1 | 9.51 | 10.00 | 69.634 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.687 | 0.13 | 0.000 |
| PVS 14,1,1 | PVS 14,1 | 8.44 | 10.00 | 69.634 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.687 | 0.13 | 0.000 |
| PVS-14.1 | PVS-14 | 3.53 | 3.00 | 38.140 | 0.040 | 0.488 | 0.131 | 0.341 | 0.013 | 3.767 | 1.05 | 0.014 |
| PVS-11.2 | PVS-14 | -4.29 | 0.10 | 6.963 | 0.008 | 0.261 | 0.058 | 0.149 | 0.006 | 0.055 | 0.10 | 0.000 |
| PVS-14 | PVS-13 | 1.70 | 0.30 | 12.061 | 0.478 | 0.989 | 0.487 | 0.983 | 0.037 | 1.086 | 0.67 | 0.006 |

| Pozo de Visita | | Pendiente Terreno (%) | Pendiente Tubo (%) | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre (Pa) | Vd (m/s) | Pérdidas (m) |
|----------------|------------|--------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|---------------------|----------|-----------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | | | |
| PVS-13 | PVS-12 | 2.81 | 0.30 | 12.061 | 0.483 | 0.992 | 0.490 | 0.987 | 0.037 | 1.089 | 0.68 | 0.006 |
| PVS 14-3 | PVS 12.7 | 0.43 | 3.00 | 38.140 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 0.618 | 0.21 | 0.001 |
| PVS 12.7 | PVS 12.6 | 1.40 | 2.00 | 31.141 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 0.275 | 0.11 | 0.000 |
| PVS-12.6 | PVS-12.5 | 9.21 | 7.30 | 59.495 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.003 | 0.22 | 0.001 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.5.1 | 1.04 | 6.00 | 18.295 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.001 | 0.824 | 0.23 | 0.001 |
| PVS-12.5.1 | PVS-12.5 | 3.31 | 1.00 | 22.020 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 0.275 | 0.16 | 0.000 |
| PVS-12.5 | PVS-12.4 | 2.58 | 2.00 | 31.141 | 0.008 | 0.261 | 0.058 | 0.149 | 0.006 | 1.099 | 0.46 | 0.003 |
| PVS-14.2 | PVS-12.4.1 | 2.94 | 3.00 | 38.140 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.206 | 0.07 | 0.000 |
| PVS-12.4.1 | PVS-12.4 | 1.63 | 7.30 | 59.495 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.003 | 0.22 | 0.001 |
| PVS-12.4 | PVS-12.3 | 1.14 | 1.20 | 24.122 | 0.018 | 0.384 | 0.094 | 0.238 | 0.009 | 1.048 | 0.52 | 0.003 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.3.1 | 4.82 | 5.00 | 16.701 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.001 | 0.687 | 0.21 | 0.001 |
| PVS-12.3.1 | PVS-12.3 | 1.79 | 3.00 | 38.140 | 0.002 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.206 | 0.07 | 0.000 |
| PVS-12.3 | PVS-12.2 | 4.47 | 1.30 | 25.107 | 0.021 | 0.403 | 0.101 | 0.256 | 0.010 | 1.224 | 0.57 | 0.004 |
| CRS-12.2.2 | PVS-12.2.1 | 1.51 | 3.65 | 14.269 | 0.006 | 0.196 | 0.043 | 0.112 | 0.003 | 1.003 | 0.36 | 0.002 |
| PVS-12.2.1 | PVS-12.2 | 0.52 | 3.70 | 42.357 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 1.016 | 0.31 | 0.001 |
| PVS-12.2 | PVS-12.1 | 6.87 | 1.00 | 22.020 | 0.034 | 0.464 | 0.126 | 0.316 | 0.012 | 1.167 | 0.58 | 0.004 |
| PVS-12.1 | PVS-12 | -1.93 | 0.80 | 19.696 | 0.043 | 0.498 | 0.142 | 0.352 | 0.013 | 1.036 | 0.55 | 0.004 |
| PVS-12 | PVS-11 | 2.72 | 0.30 | 12.061 | 0.558 | 1.027 | 0.534 | 1.042 | 0.039 | 1.151 | 0.70 | 0.006 |
| CRS-34.15.1 | PVS-11.6 | 2.34 | 3.20 | 13.360 | 0.006 | 0.196 | 0.043 | 0.112 | 0.003 | 0.879 | 0.33 | 0.001 |
| PVS-11.6 | PVS-11.5 | 0.64 | 3.70 | 42.357 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 1.016 | 0.31 | 0.001 |
| CRS-11.5.3 | PVS-11.5.2 | 14.14 | 15.50 | 29.404 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.760 | 0.12 | 0.000 |
| PVS-11.5.2 | PVS-11.5.1 | 12.16 | 15.00 | 85.284 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 1.030 | 0.16 | 0.000 |
| PVS-11.5.1 | PVS-11.5 | 12.05 | 12.00 | 76.280 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.648 | 0.28 | 0.001 |
| PVS-11.5 | PVS-11.4 | 3.88 | 1.25 | 24.619 | 0.016 | 0.369 | 0.088 | 0.225 | 0.008 | 1.030 | 0.51 | 0.003 |
| PVS-11.4 | PVS-11.3 | 4.26 | 1.20 | 24.122 | 0.018 | 0.384 | 0.094 | 0.238 | 0.009 | 1.048 | 0.52 | 0.003 |
| CRS-11.3.2 | PVS-11.3 | 2.74 | 3.50 | 13.973 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 0.652 | 0.23 | 0.001 |
| CRS-11.3.1 | PVS-11.3 | 5.74 | 6.50 | 19.042 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 1.212 | 0.31 | 0.001 |
| PVS-11.3 | PVS-11.2 | 11.99 | 10.50 | 71.354 | 0.009 | 0.293 | 0.065 | 0.167 | 0.006 | 6.489 | 1.18 | 0.018 |
| PVS-15 | PVS-11.2.2 | 6.70 | 6.80 | 57.422 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 0.467 | 0.11 | 0.000 |
| PVS-11.2.2 | PVS-11.2.1 | 12.91 | 13.00 | 79.395 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.785 | 0.29 | 0.001 |
| PVS-11.2.1 | PVS-11.2 | 18.57 | 18.00 | 93.424 | 0.001 | 0.033 | 0.007 | 0.019 | 0.001 | 1.236 | 0.17 | 0.000 |
| PVS-11.2 | PVS-11.1 | 0.62 | 0.80 | 19.696 | 0.047 | 0.512 | 0.148 | 0.366 | 0.014 | 1.075 | 0.57 | 0.004 |
| PVS-11.1 | PVS-11 | 1.09 | 0.80 | 19.696 | 0.052 | 0.528 | 0.155 | 0.383 | 0.014 | 1.130 | 0.59 | 0.004 |

| Pozo de Visita | | Pendiente Terreno (%) | Pendiente Tubo (%) | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre (Pa) | Vd (m/s) | Pérdidas (m) |
|----------------|-----------|--------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|---------------------|----------|-----------------|
| Desde | Hasta | | | | | | | | | | | |
| PVS-11 | PVS-10 | 1.40 | 0.30 | 12.061 | 0.655 | 1.067 | 0.590 | 1.101 | 0.041 | 1.215 | 0.73 | 0.007 |
| PVS-10 | PVS-9 | 2.55 | 0.90 | 20.890 | 0.383 | 0.934 | 0.430 | 0.902 | 0.034 | 2.984 | 1.10 | 0.015 |
| PVS-9 | PVS-8 | 1.20 | 0.50 | 15.571 | 0.521 | 1.011 | 0.513 | 1.016 | 0.038 | 1.869 | 0.89 | 0.010 |
| CRS-8.4.1 | PVS-8.4 | 0.46 | 2.00 | 10.562 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 0.373 | 0.17 | 0.000 |
| CRS-8.4.2 | PVS-8.4 | 1.38 | 2.00 | 10.562 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 0.373 | 0.17 | 0.000 |
| PVS-8.4 | PVS-8.3 | 2.02 | 7.50 | 60.305 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.030 | 0.22 | 0.001 |
| PVS-8.3 | PVS-8.2 | 4.06 | 5.00 | 49.239 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.030 | 0.27 | 0.001 |
| PVS-8.2 | PVS-8.1 | 3.63 | 5.00 | 49.239 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.030 | 0.27 | 0.001 |
| PVS 8.1 | PVS 8 | 5.12 | 5.00 | 49.24 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.030 | 0.27 | 0.001 |
| PVS-8 | PVS-7 | 1.92 | 0.30 | 12.06 | 0.696 | 1.081 | 0.614 | 1.123 | 0.042 | 1.239 | 0.74 | 0.007 |
| PVS-7 | PVS-6 | 0.36 | 0.30 | 12.06 | 0.706 | 1.084 | 0.620 | 1.129 | 0.042 | 1.245 | 0.74 | 0.007 |
| PVS-6 | PVS-5 | 4.40 | 1.00 | 22.02 | 0.396 | 0.942 | 0.438 | 0.914 | 0.034 | 3.365 | 1.17 | 0.017 |
| PVS-5 | PVS-4 | -7.48 | 0.30 | 12.06 | 0.729 | 1.092 | 0.633 | 1.140 | 0.0428 | 1.260 | 0.74 | 0.007 |
| PVS-16.4 | PVS-34.14 | 3.26 | 3.50 | 41.196 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 0.481 | 0.15 | 0.000 |
| PVS-34.14 | PVS-34.13 | 4.78 | 4.50 | 46.712 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.003 | 1.236 | 0.34 | 0.002 |

| Pozo de Visita | | Pendiente | Pendiente | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre (Pa) | Vd (m/s) | Pérdidas (m) |
|----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|------------------|----------|--------------|
| Desde | Hasta | Terreno (%) | Tubo (%) | | | | | | | | | |
| PVS-34.13 | PVS-34.12 | 5.96 | 6.50 | 56.141 | 0.006 | 0.196 | 0.043 | 0.112 | 0.004 | 2.678 | 0.62 | 0.005 |
| CRS-34.18 | PVS-34.12 | 3.56 | 5.50 | 17.516 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 1.025 | 0.29 | 0.001 |
| PVS-34.12 | PVS-34.11 | 8.87 | 9.00 | 66.061 | 0.007 | 0.228 | 0.050 | 0.130 | 0.005 | 4.326 | 0.85 | 0.009 |
| PVS-34.11 | PVS-34.10 | 10.30 | 12.50 | 77.853 | 0.007 | 0.228 | 0.050 | 0.130 | 0.005 | 6.009 | 1.00 | 0.013 |
| CRS-11.5.3 | PVS-34.17 | 8.48 | 10.50 | 24.201 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 1.957 | 0.40 | 0.002 |
| CRS-34.18 | PVS-34.17 | 1.55 | 3.00 | 12.936 | 0.007 | 0.228 | 0.050 | 0.130 | 0.003 | 0.971 | 0.38 | 0.002 |
| PVS-34.17 | PVS-34.16 | 17.98 | 17.00 | 90.792 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 3.502 | 0.50 | 0.003 |
| PVS-34.16 | PVS-34.15 | 8.83 | 8.00 | 62.283 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.003 | 2.354 | 0.57 | 0.004 |
| CRS-34.15.1 | PVS-34.15 | 1.70 | 4.00 | 14.937 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.001 | 0.549 | 0.19 | 0.001 |
| PVS-34.15 | PVS-34.10 | -1.37 | 1.20 | 24.122 | 0.017 | 0.376 | 0.091 | 0.232 | 0.009 | 1.024 | 0.51 | 0.003 |
| PVS-34.10 | PVS-34.9 | 4.26 | 1.00 | 22.020 | 0.051 | 0.525 | 0.154 | 0.380 | 0.014 | 1.403 | 0.65 | 0.005 |
| PVS-34.9 | PVS-34.8 | 1.15 | 1.50 | 26.969 | 0.048 | 0.515 | 0.161 | 0.395 | 0.015 | 2.178 | 0.79 | 0.008 |
| PVS-34.8 | PVS-34.5 | 4.39 | 3.80 | 42.925 | 0.033 | 0.460 | 0.124 | 0.312 | 0.012 | 4.362 | 1.12 | 0.016 |
| CRS-11.3.1 | PVS-34.7.2 | 3.61 | 5.50 | 17.516 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.002 | 1.241 | 0.36 | 0.002 |
| PVS-34.7.2 | PVS-34.7.1 | 1.94 | 7.30 | 59.495 | 0.002 | 0.065 | 0.014 | 0.037 | 0.001 | 1.003 | 0.22 | 0.001 |
| PVS-34.7.1 | PVS-34.7.1 | 1.64 | 1.80 | 29.543 | 0.008 | 0.261 | 0.058 | 0.149 | 0.006 | 0.989 | 0.44 | 0.0025 |
| CRS-11.3.2 | PVS-34.7 | 1.52 | 3.50 | 13.973 | 0.004 | 0.130 | 0.029 | 0.074 | 0.002 | 0.652 | 0.23 | 0.001 |
| PVS-34.7 | PVS-34.6 | 2.82 | 1.40 | 26.055 | 0.013 | 0.348 | 0.080 | 0.206 | 0.008 | 1.058 | 0.51 | 0.0033 |
| PVS-34.6 | PVS-34.5 | 3.03 | 1.50 | 26.969 | 0.026 | 0.428 | 0.111 | 0.280 | 0.011 | 1.545 | 0.65 | 0.005 |
| PVS-34.5 | PVS-34.4 | -7.62 | 0.50 | 15.571 | 0.136 | 0.699 | 0.249 | 0.584 | 0.022 | 1.074 | 0.62 | 0.0049 |
| PVS-34.4 | PVS-34.3 | -2.12 | 0.45 | 14.772 | 0.163 | 0.737 | 0.273 | 0.632 | 0.024 | 1.046 | 0.62 | 0.005 |
| PVS-34.3 | PVS-34.2 | 7.92 | 0.45 | 14.772 | 0.171 | 0.747 | 0.280 | 0.646 | 0.024 | 1.068 | 0.62 | 0.0049 |
| PVS-34.2 | PVS-34.1 | -1.30 | 0.45 | 14.772 | 0.183 | 0.761 | 0.289 | 0.664 | 0.025 | 1.099 | 0.64 | 0.005 |
| PVS-34.1 | PVS-34 | 1.95 | 0.50 | 15.571 | 0.179 | 0.756 | 0.286 | 0.658 | 0.025 | 1.212 | 0.670 | 0.006 |
| CRS-34.27 | PVS-34.26 | 0.6 | 1.30 | 8.516 | 0.010 | 0.326 | 0.072 | 0.186 | 0.005 | 0.599 | 0.350 | 0.002 |
| PVS-34.26 | PVS-34.25 | 2.96 | 3.00 | 38.140 | 0.005 | 0.163 | 0.036 | 0.093 | 0.004 | 1.030 | 0.350 | 0.002 |
| PVS-34.25 | PVS-34.24 | -0.49 | 1.30 | 25.107 | 0.015 | 0.362 | 0.086 | 0.219 | 0.008 | 1.046 | 0.510 | 0.003 |
| PVS-34.24 | PVS-34.23 | 2.37 | 1.10 | 23.095 | 0.021 | 0.403 | 0.101 | 0.256 | 0.010 | 1.036 | 0.530 | 0.004 |
| PVS-34.23 | PVS-34.22 | 0.23 | 0.90 | 20.890 | 0.033 | 0.460 | 0.124 | 0.312 | 0.012 | 1.033 | 0.540 | 0.004 |
| PVS-34.22 | PVS-34.21 | 0.48 | 0.90 | 20.890 | 0.036 | 0.472 | 0.130 | 0.325 | 0.012 | 1.077 | 0.560 | 0.004 |
| CRS-34.21.2 | PVS-34.21.1 | 1.64 | 2.30 | 11.327 | 0.007 | 0.228 | 0.050 | 0.130 | 0.003 | 0.745 | 0.330 | 0.001 |
| PVS-34.21.1 | PVS-34.21 | 1.82 | 4.90 | 48.744 | 0.003 | 0.098 | 0.022 | 0.056 | 0.002 | 1.009 | 0.270 | 0.001 |
| PVS-34.21 | PVS-34.20 | -1.56 | 0.80 | 19.696 | 0.050 | 0.505 | 0.145 | 0.359 | 0.014 | 1.059 | 0.560 | 0.004 |
| PVS-34.20 | PVS-34.19 | 0.85 | 0.70 | 18.423 | 0.056 | 0.539 | 0.161 | 0.396 | 0.015 | 1.023 | 0.560 | 0.004 |
| PVS-34.19 | PVS-34 | -0.97 | 0.70 | 18.423 | 0.063 | 0.559 | 0.171 | 0.417 | 0.016 | 1.071 | 0.580 | 0.004 |
| PVS-34 | PVS-33 | 0.43 | 0.35 | 13.027 | 0.317 | 0.888 | 0.387 | 0.836 | 0.031 | 1.078 | 0.65 | 0.005 |
| PVS-33 | PVS-32 | -0.17 | 0.35 | 13.027 | 0.344 | 0.907 | 0.404 | 0.864 | 0.032 | 1.112 | 0.67 | 0.0057 |
| PVS-32 | PVS-31 | 0.63 | 0.35 | 13.027 | 0.355 | 0.915 | 0.412 | 0.875 | 0.033 | 1.126 | 0.67 | 0.006 |
| PVS-31 | PVS-30 | 0.32 | 0.35 | 13.027 | 0.364 | 0.921 | 0.417 | 0.884 | 0.033 | 1.140 | 0.680 | 0.006 |
| PVS-30 | PVS-29 | 3.80 | 0.35 | 13.027 | 0.371 | 0.926 | 0.422 | 0.891 | 0.033 | 1.147 | 0.68 | 0.006 |
| PVS-29 | PVS-28 | -1.12 | 0.35 | 13.027 | 0.377 | 0.930 | 0.426 | 0.897 | 0.034 | 1.154 | 0.68 | 0.0059 |
| PVS-28 | PVS-4 | 17.47 | 5.00 | 49.239 | 0.101 | 0.643 | 0.216 | 0.515 | 0.019 | 9.467 | 1.79 | 0.041 |

| Pozo de Visita | | Pendiente | Pendiente | QLL (lps) | Qd/QLL | Vd/VLL | Y/D | Rh/RhLL | Rh (m) | T. arrastre (Pa) | Vd (m/s) | Pérdidas (m) |
|----------------|---------|-------------|-----------|-----------|--------|--------|-------|---------|--------|------------------|----------|--------------|
| Desde | Hasta | Terreno (%) | Tubo (%) | | | | | | | | | |
| PVS-4 | PVS-3 | 1.04 | 0.50 | 15.571 | 0.884 | 1.129 | 0.731 | 1.200 | 0.045 | 2.207 | 0.990 | 0.013 |
| PVS-3 | PVS-2 | 5.07 | 0.50 | 15.571 | 0.885 | 1.129 | 0.732 | 1.200 | 0.045 | 2.207 | 0.990 | 0.013 |
| PVS-2 | PVS-1 | 1.52 | 2.00 | 31.141 | 0.446 | 0.972 | 0.468 | 0.957 | 0.036 | 7.044 | 1.710 | 0.037 |
| PVS 1 | PVS 1.1 | 15.43 | 8.00 | 62.283 | 0.223 | 0.805 | 0.321 | 0.722 | 0.027 | 21.268 | 2.830 | 0.102 |
| CRS 1.1 | PVS-1.2 | 2.36 | 2.30 | 33.395 | 0.416 | 0.954 | 0.450 | 0.932 | 0.035 | 7.897 | 1.800 | 0.041 |
| CRS-1.2 | PVS-1.3 | -3.03 | 0.2 | 21.208 | 0.656 | 1.065 | 0.587 | 1.098 | 0.055 | 1.077 | 0.720 | 0.007 |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | -2.46 | 0.2 | 21.208 | 0.656 | 1.065 | 0.587 | 1.098 | 0.055 | 1.077 | 0.720 | 0.007 |
| PVS-1.4 | PVS-1.5 | 8.16 | 0.2 | 21.208 | 0.656 | 1.065 | 0.587 | 1.098 | 0.055 | 1.077 | 0.720 | 0.007 |
| CRS-1.5 | CR-E | -13.49 | 0.2 | 21.208 | 0.656 | 1.065 | 0.587 | 1.098 | 0.055 | 1.077 | 0.720 | 0.007 |

Topografía

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caida de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|------------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| PVS-27.4.6 | PVS-27.4.5 | 12.40 | 10.82 | 365.36 | 354.54 | 365.21 | 354.39 | 1.65 |
| PVS-27.4.5 | PVS-27.4.4 | 10.50 | 5.25 | 354.51 | 349.26 | 354.36 | 349.11 | 1.68 |
| PVS-27.4.4 | PVS-27.4 | 11.00 | 5.93 | 349.23 | 343.30 | 349.08 | 343.15 | 1.67 |
| CRS-27.4.3 | PVS-27.4.2 | 10.30 | 8.98 | 366.72 | 357.74 | 366.62 | 357.64 | 1.10 |
| PVS-27.4.2 | PVS-27.4.1 | 14.00 | 7.04 | 357.71 | 350.67 | 357.56 | 350.52 | 1.69 |
| PVS-27.4.1 | PVS-27.4 | 11.20 | 7.56 | 350.64 | 343.08 | 350.49 | 342.93 | 3.97 |
| PVS-27.4 | PVS-27.3 | 6.80 | 4.96 | 343.05 | 338.09 | 342.90 | 337.94 | 1.77 |
| PVS-27.3 | PVS-27.2 | 1.90 | 1.66 | 338.06 | 336.40 | 337.91 | 336.25 | 1.73 |
| PVS-27.2 | PVS-27.1 | 4.00 | 1.78 | 336.37 | 334.59 | 336.22 | 334.44 | 1.76 |
| PVS-27.1 | PVS-27 | 0.80 | 0.52 | 334.56 | 334.04 | 334.41 | 333.89 | 1.69 |
| PVS-27 | PVS-26 | 0.70 | 0.58 | 334.01 | 333.43 | 333.86 | 333.28 | 1.92 |
| PVS-26 | PVS-25 | 0.71 | 0.29 | 333.40 | 333.11 | 333.25 | 332.96 | 2.32 |
| PVS-25 | PVS-24 | 0.65 | 0.33 | 333.08 | 332.75 | 332.93 | 332.60 | 2.33 |
| PVS-24 | PVS-23 | 0.65 | 0.52 | 332.72 | 332.21 | 332.57 | 332.06 | 3.63 |
| PVS-23 | PVS-22 | 0.60 | 0.59 | 332.18 | 331.58 | 332.03 | 331.43 | 4.83 |
| PVS-22 | PVS-21 | 2.50 | 2.47 | 331.55 | 329.08 | 331.40 | 328.93 | 2.72 |

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caida de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|------------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| CRS-21.6.1 | PVS-21.6 | 4.00 | 3.03 | 338.13 | 335.10 | 338.03 | 335.00 | 1.10 |
| CRS-14.12.1 | PVS-21.6 | 5.00 | 2.70 | 336.93 | 334.23 | 336.83 | 334.13 | 1.10 |
| PVS-21.6 | PVS-21.5 | 7.00 | 1.82 | 334.20 | 332.38 | 334.05 | 332.23 | 2.89 |
| PVS-21.5 | PVS-21.4 | 5.50 | 2.19 | 332.35 | 330.17 | 332.20 | 330.02 | 1.71 |
| CRS-21.4.4 | PVS-21.4.3 | 2.20 | 1.94 | 332.55 | 330.61 | 332.45 | 330.51 | 1.10 |
| PVS-21.4.3 | PVS-21.4.2 | 1.50 | 1.45 | 330.58 | 329.13 | 330.43 | 328.98 | 1.70 |
| PVS-21.4.2 | PVS-21.4.1 | 1.50 | 0.79 | 329.10 | 328.32 | 328.95 | 328.17 | 3.05 |
| PVS-21.4.1 | PVS-21.4 | 1.50 | 0.70 | 328.29 | 327.59 | 328.14 | 327.44 | 2.25 |
| PVS-21.4 | PVS-21.3 | 0.90 | 0.51 | 327.56 | 327.05 | 327.41 | 326.90 | 4.43 |
| PVS-21.3 | PVS-21.2 | 0.80 | 0.79 | 327.02 | 326.23 | 326.87 | 326.08 | 3.86 |
| PVS-21.2 | PVS-21.1 | 0.80 | 0.68 | 326.20 | 325.51 | 326.05 | 325.36 | 4.16 |
| PVS-21.1 | PVS-21 | 0.75 | 0.07 | 325.48 | 325.41 | 325.33 | 325.26 | 4.96 |
| PVS-21 | PVS-20 | 0.40 | 0.26 | 325.38 | 325.12 | 325.23 | 324.97 | 6.07 |
| PVS-20 | PVS-19 | 0.40 | 0.37 | 325.09 | 324.72 | 324.94 | 324.57 | 6.13 |
| CRS-21.6.1 | PVS-19 | 12.00 | 11.32 | 338.13 | 326.81 | 338.03 | 326.71 | 1.10 |
| PVS-16.4.2 | PVS-19 | 8.00 | 6.59 | 333.99 | 327.40 | 333.84 | 327.25 | 1.65 |
| PVS-19 | PVS-18 | 0.40 | 0.29 | 324.69 | 324.40 | 324.54 | 324.25 | 5.58 |
| PVS-18 | PVS-17 | 2.80 | 2.32 | 324.37 | 322.05 | 324.22 | 321.90 | 2.35 |
| PVS-17 | PVS-16 | 4.00 | 2.59 | 322.02 | 319.43 | 321.87 | 319.28 | 1.90 |
| PVS-16.4.2 | PVS-16.4.1 | 8.50 | 2.40 | 333.99 | 331.59 | 333.84 | 331.44 | 1.65 |
| PVS-16.4.1 | PVS-16.4 | 5.70 | 3.97 | 331.56 | 327.60 | 331.41 | 327.45 | 1.68 |
| PVS-16.4 | PVS-16.3 | 3.70 | 1.47 | 327.57 | 326.09 | 327.42 | 325.94 | 1.67 |
| PVS-16.3 | PVS-16.2 | 5.00 | 2.11 | 326.06 | 323.96 | 325.91 | 323.81 | 1.67 |
| PVS-34.14 | PVS-16.2.1 | 0.50 | 0.35 | 325.01 | 324.66 | 324.86 | 324.51 | 1.65 |
| PVS-16.2.1 | PVS-16.2 | 4.00 | 0.94 | 324.63 | 323.69 | 324.48 | 323.54 | 1.86 |
| PVS-16.2 | PVS-16.1 | 2.20 | 1.03 | 323.66 | 322.63 | 323.51 | 322.48 | 1.70 |
| PVS-16.1 | PVS-16 | 4.50 | 3.19 | 322.60 | 319.41 | 322.45 | 319.26 | 1.72 |
| CRS-11.5.3 | PVS-16 | 3.50 | 1.95 | 321.25 | 319.30 | 321.15 | 319.20 | 1.10 |
| PVS-16 | PVS-15 | 11.00 | 9.41 | 319.27 | 309.86 | 319.12 | 309.71 | 1.69 |
| PVS-15.3 | PVS-15.2 | 2.00 | 1.15 | 314.59 | 313.44 | 314.44 | 313.29 | 1.65 |
| PVS-17 | PVS-15.2 | 10.00 | 8.20 | 322.27 | 314.07 | 322.12 | 313.92 | 1.65 |
| PVS-15.2 | PVS-15.1 | 3.00 | 2.34 | 313.41 | 311.08 | 313.26 | 310.93 | 1.94 |
| PVS-15.1 | PVS-15 | 3.20 | 1.52 | 311.05 | 309.53 | 310.90 | 309.38 | 2.42 |

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caída de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|------------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| PVS-15 | PVS-14 | 13.00 | 11.89 | 309.50 | 297.61 | 309.35 | 297.46 | 3.11 |
| CRS-14.12.1 | PVS-14.12 | 6.00 | 2.26 | 336.93 | 334.68 | 336.83 | 334.58 | 1.10 |
| CRS-14.13 | PVS-14.12 | 2.00 | 1.19 | 335.40 | 334.21 | 335.30 | 334.11 | 1.10 |
| PVS-14.12 | PVS-14.11 | 7.30 | 3.20 | 334.18 | 330.97 | 334.03 | 330.82 | 2.22 |
| PVS-14.11 | PVS-14.10 | 3.70 | 2.55 | 330.94 | 328.39 | 330.79 | 328.24 | 2.68 |
| PVS-14.10 | PVS-14.6 | 3.65 | 1.14 | 328.36 | 327.23 | 328.21 | 327.08 | 4.56 |
| CRS-14.6.3 | PVS-14.6.2 | 2.00 | 1.34 | 332.89 | 331.55 | 332.79 | 331.45 | 1.10 |
| PVS-14.6.2 | PVS-14.6.1 | 1.50 | 0.92 | 331.52 | 330.60 | 331.37 | 330.45 | 2.19 |
| PVS-14.6.1 | PVS-14.6 | 2.10 | 1.77 | 330.57 | 328.80 | 330.42 | 328.65 | 2.05 |
| PVS-14.6 | PVS-14.5 | 3.20 | 3.07 | 327.20 | 324.13 | 327.05 | 323.98 | 5.18 |
| CRS-14.7 | PVS-14.5 | 6.20 | 4.06 | 328.14 | 324.08 | 328.04 | 323.98 | 1.10 |
| PVS-14.5 | PVS-14.4 | 9.50 | 6.76 | 324.05 | 317.29 | 323.90 | 317.14 | 1.67 |
| PVS-14.4 | PVS-14.3 | 15.00 | 12.92 | 317.26 | 304.34 | 317.11 | 304.19 | 2.02 |
| CRS-14.13 | PVS-14.14 | 4.00 | 1.94 | 335.40 | 333.46 | 335.30 | 333.36 | 1.10 |
| PVS-14.14 | PVS-14.15 | 5.00 | 2.11 | 333.43 | 331.32 | 333.28 | 331.17 | 2.62 |
| PVS-14.15 | PVS-14.16 | 4.90 | 3.71 | 331.29 | 327.58 | 331.14 | 327.43 | 2.63 |
| PVS-14.16 | PVS-15.3 | 17.00 | 13.05 | 327.55 | 314.50 | 327.40 | 314.35 | 3.65 |
| CRS-14.7 | PVS-14.8 | 14.50 | 8.60 | 328.14 | 319.54 | 328.04 | 319.44 | 1.10 |
| PVS-14.8 | PVS-14.9 | 7.30 | 4.39 | 319.51 | 315.12 | 319.36 | 314.97 | 1.86 |
| PVS-14.9 | PVS-15.3 | 3.00 | 2.27 | 315.09 | 312.82 | 314.94 | 312.67 | 2.72 |
| PVS-15.3 | PVS-14.3.2 | 7.50 | 5.48 | 312.79 | 307.32 | 312.64 | 307.17 | 3.45 |
| PVS-14.3.2 | PVS-14.3 | 6.30 | 3.20 | 307.29 | 304.09 | 307.14 | 303.94 | 1.98 |
| PVS-14.3 | PVS-14.2 | 3.00 | 1.84 | 304.06 | 302.23 | 303.91 | 302.08 | 2.02 |
| PVS-14.2 | PVS-14.1 | 6.00 | 0.63 | 302.20 | 301.56 | 302.05 | 301.41 | 1.94 |
| PVS 15,1 | PVS 14,1,1 | 10.00 | 6.27 | 311.81 | 305.54 | 311.66 | 305.39 | 1.65 |
| PVS 14,1,1 | PVS 14,1 | 10.00 | 4.45 | 305.51 | 301.06 | 305.36 | 300.91 | 1.99 |
| PVS-14.1 | PVS-14 | 3.00 | 2.27 | 301.03 | 298.76 | 300.88 | 298.61 | 2.71 |
| PVS-11.2 | PVS-14 | 0.10 | 0.07 | 296.51 | 296.45 | 296.36 | 296.30 | 1.65 |
| PVS-14 | PVS-13 | 0.30 | 0.11 | 296.42 | 296.31 | 296.27 | 296.16 | 4.66 |

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caida de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|------------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| PVS-13 | PVS-12 | 0.30 | 0.16 | 296.28 | 296.12 | 296.13 | 295.97 | 4.19 |
| PVS 14-3 | PVS 12.7 | 3.00 | 1.01 | 304.44 | 303.43 | 304.29 | 303.28 | 1.65 |
| PVS 12.7 | PVS 12.6 | 2.00 | 1.19 | 303.40 | 302.21 | 303.25 | 302.06 | 2.54 |
| PVS-12.6 | PVS-12.5 | 7.30 | 2.06 | 302.18 | 300.12 | 302.03 | 299.97 | 2.92 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.5.1 | 6.00 | 2.98 | 304.24 | 301.26 | 304.14 | 301.16 | 1.10 |
| PVS-12.5.1 | PVS-12.5 | 1.00 | 0.71 | 301.23 | 300.52 | 301.08 | 300.37 | 3.64 |
| PVS-12.5 | PVS-12.4 | 2.00 | 0.83 | 300.09 | 299.26 | 299.94 | 299.11 | 2.42 |
| PVS-14.2 | PVS-12.4.1 | 3.00 | 1.90 | 302.49 | 300.59 | 302.34 | 300.44 | 1.65 |
| PVS-12.4.1 | PVS-12.4 | 7.30 | 3.76 | 300.56 | 296.80 | 300.41 | 296.65 | 1.72 |
| PVS-12.4 | PVS-12.3 | 1.20 | 0.32 | 296.77 | 296.46 | 296.62 | 296.31 | 4.67 |
| CRS-12.3.2 | PVS-12.3.1 | 5.00 | 3.38 | 304.24 | 300.86 | 304.14 | 300.76 | 1.10 |
| PVS-12.3.1 | PVS-12.3 | 3.00 | 1.67 | 300.49 | 298.81 | 300.34 | 298.66 | 1.65 |
| PVS-12.3 | PVS-12.2 | 1.30 | 0.27 | 296.43 | 296.15 | 296.28 | 296.00 | 4.71 |
| CRS-12.2.2 | PVS-12.2.1 | 3.65 | 2.58 | 300.52 | 297.94 | 300.42 | 297.84 | 1.10 |
| PVS-12.2.1 | PVS-12.2 | 3.70 | 2.86 | 297.91 | 295.05 | 297.76 | 294.90 | 2.70 |
| PVS-12.2 | PVS-12.1 | 1.00 | 0.36 | 295.02 | 294.65 | 294.87 | 294.50 | 5.18 |
| PVS-12.1 | PVS-12 | 0.80 | 0.54 | 294.62 | 294.08 | 294.47 | 293.93 | 3.08 |
| PVS-12 | PVS-11 | 0.30 | 0.23 | 294.05 | 293.83 | 293.90 | 293.68 | 4.95 |
| CRS-34.15.1 | PVS-11.6 | 3.20 | 1.78 | 305.61 | 303.83 | 305.51 | 303.73 | 1.10 |
| PVS-11.6 | PVS-11.5 | 3.70 | 2.09 | 303.80 | 301.71 | 303.65 | 301.56 | 1.66 |
| CRS-11.5.3 | PVS-11.5.2 | 15.50 | 7.84 | 321.25 | 313.42 | 321.15 | 313.32 | 1.10 |
| PVS-11.5.2 | PVS-11.5.1 | 15.00 | 2.75 | 313.39 | 310.64 | 313.24 | 310.49 | 1.87 |
| PVS-11.5.1 | PVS-11.5 | 12.00 | 7.90 | 310.61 | 302.71 | 310.46 | 302.56 | 2.42 |
| PVS-11.5 | PVS-11.4 | 1.25 | 0.48 | 301.68 | 301.20 | 301.53 | 301.05 | 3.42 |
| PVS-11.4 | PVS-11.3 | 1.20 | 0.38 | 301.17 | 300.79 | 301.02 | 300.64 | 2.43 |
| CRS-11.3.2 | PVS-11.3 | 3.50 | 3.01 | 303.46 | 300.46 | 303.36 | 300.36 | 1.10 |
| CRS-11.3.1 | PVS-11.3 | 6.50 | 4.27 | 304.88 | 300.61 | 304.78 | 300.51 | 1.10 |
| PVS-11.3 | PVS-11.2 | 10.50 | 3.59 | 300.43 | 296.84 | 300.28 | 296.69 | 1.83 |
| PVS-15 | PVS-11.2.2 | 6.80 | 2.52 | 310.96 | 308.44 | 310.81 | 308.29 | 1.65 |
| PVS-11.2.2 | PVS-11.2.1 | 13.00 | 6.45 | 308.41 | 301.96 | 308.26 | 301.81 | 1.72 |
| PVS-11.2.1 | PVS-11.2 | 18.00 | 5.39 | 301.93 | 296.54 | 301.78 | 296.39 | 1.79 |
| PVS-11.2 | PVS-11.1 | 0.80 | 0.60 | 296.51 | 295.91 | 296.36 | 295.76 | 1.65 |
| PVS-11.1 | PVS-11 | 0.80 | 0.55 | 295.88 | 295.33 | 295.73 | 295.18 | 1.82 |

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caida de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|-----------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| PVS-11 | PVS-10 | 0.30 | 0.16 | 293.80 | 293.64 | 293.65 | 293.49 | 3.15 |
| PVS-10 | PVS-9 | 0.90 | 0.52 | 293.61 | 293.09 | 293.46 | 292.94 | 2.60 |
| PVS-9 | PVS-8 | 0.50 | 0.22 | 293.06 | 292.84 | 292.91 | 292.69 | 1.68 |
| CRS-8.4.1 | PVS-8.4 | 2.00 | 1.09 | 297.79 | 296.70 | 297.69 | 296.60 | 1.10 |
| CRS-8.4.2 | PVS-8.4 | 2.00 | 1.02 | 298.24 | 297.22 | 298.14 | 297.12 | 1.10 |
| PVS-8.4 | PVS-8.3 | 7.50 | 2.97 | 296.67 | 293.69 | 296.52 | 293.54 | 2.02 |
| PVS-8.3 | PVS-8.2 | 5.00 | 1.51 | 293.66 | 292.15 | 293.51 | 292.00 | 4.22 |
| PVS-8.2 | PVS-8.1 | 5.00 | 1.73 | 292.12 | 290.39 | 291.97 | 290.24 | 4.54 |
| PVS 8.1 | PVS 8 | 5.00 | 1.16 | 290.36 | 289.19 | 290.21 | 289.04 | 5.04 |
| PVS-8 | PVS-7 | 0.30 | 0.19 | 289.16 | 288.97 | 289.01 | 288.82 | 5.04 |
| PVS-7 | PVS-6 | 0.30 | 0.16 | 288.94 | 288.78 | 288.79 | 288.63 | 4.03 |
| PVS-6 | PVS-5 | 1.00 | 0.71 | 288.75 | 288.04 | 288.60 | 287.89 | 4.03 |
| PVS-5 | PVS-4 | 0.30 | 0.09 | 288.01 | 287.92 | 287.86 | 287.77 | 1.65 |
| PVS-16.4 | PVS-34.14 | 3.50 | 2.77 | 327.59 | 324.82 | 327.44 | 324.67 | 1.65 |
| PVS-34.14 | PVS-34.13 | 4.50 | 3.72 | 324.79 | 321.07 | 324.64 | 320.92 | 1.87 |

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caída de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|-------------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| PVS-34.13 | PVS-34.12 | 6.50 | 5.37 | 321.04 | 315.67 | 320.89 | 315.52 | 1.67 |
| CRS-34.18 | PVS-34.12 | 5.50 | 3.26 | 318.74 | 315.48 | 318.64 | 315.38 | 1.10 |
| PVS-34.12 | PVS-34.11 | 9.00 | 4.72 | 315.45 | 310.73 | 315.30 | 310.58 | 2.33 |
| PVS-34.11 | PVS-34.10 | 12.50 | 6.93 | 310.70 | 303.77 | 310.55 | 303.62 | 2.43 |
| CRS-11.5.3 | PVS-34.17 | 10.50 | 4.68 | 321.25 | 316.57 | 321.15 | 316.47 | 1.10 |
| CRS-34.18 | PVS-34.17 | 3.00 | 2.46 | 318.74 | 316.28 | 318.64 | 316.18 | 1.10 |
| PVS-34.17 | PVS-34.16 | 17.00 | 7.22 | 316.25 | 309.03 | 316.10 | 308.88 | 2.37 |
| PVS-34.16 | PVS-34.15 | 8.00 | 4.19 | 309.00 | 304.81 | 308.85 | 304.66 | 1.99 |
| CRS-34.15.1 | PVS-34.15 | 4.00 | 0.94 | 305.61 | 304.67 | 305.51 | 304.57 | 1.10 |
| PVS-34.15 | PVS-34.10 | 1.20 | 0.92 | 304.64 | 303.72 | 304.49 | 303.57 | 1.72 |
| PVS-34.10 | PVS-34.9 | 1.00 | 0.62 | 303.69 | 303.06 | 303.54 | 302.91 | 3.73 |
| PVS-34.9 | PVS-34.8 | 1.50 | 1.40 | 303.03 | 301.63 | 302.88 | 301.48 | 1.74 |
| PVS-34.8 | PVS-34.5 | 3.80 | 3.47 | 301.60 | 298.13 | 301.45 | 297.98 | 2.10 |
| CRS-11.3.1 | PVS-34.7.2 | 5.50 | 1.50 | 304.88 | 303.38 | 304.78 | 303.28 | 1.10 |
| PVS-34.7.2 | PVS-34.7.1 | 7.30 | 2.16 | 303.35 | 301.19 | 303.20 | 301.04 | 1.69 |
| PVS-34.7.1 | PVS-34.7 | 1.80 | 1.41 | 301.16 | 299.75 | 301.01 | 299.60 | 3.31 |
| CRS-11.3.2 | PVS-34.7 | 3.50 | 3.30 | 303.46 | 300.16 | 303.36 | 300.06 | 1.10 |
| PVS-34.7 | PVS-34.6 | 1.40 | 0.35 | 299.72 | 299.37 | 299.57 | 299.22 | 3.46 |
| PVS-34.6 | PVS-34.5 | 1.50 | 1.38 | 299.34 | 297.95 | 299.19 | 297.80 | 3.14 |
| PVS-34.5 | PVS-34.4 | 0.50 | 0.12 | 297.92 | 297.81 | 297.77 | 297.66 | 1.76 |
| PVS-34.4 | PVS-34.3 | 0.45 | 0.34 | 297.78 | 297.44 | 297.63 | 297.29 | 3.66 |
| PVS-34.3 | PVS-34.2 | 0.45 | 0.16 | 297.41 | 297.24 | 297.26 | 297.09 | 5.64 |
| PVS-34.2 | PVS-34.1 | 0.45 | 0.43 | 297.21 | 296.78 | 297.06 | 296.63 | 2.94 |
| PVS-34.1 | PVS-34 | 0.50 | 0.44 | 296.75 | 296.31 | 296.60 | 296.16 | 4.65 |
| CRS-34.27 | PVS-34.26 | 1.30 | 0.99 | 300.46 | 299.47 | 300.36 | 299.37 | 1.10 |
| PVS-34.26 | PVS-34.25 | 3.00 | 2.30 | 299.44 | 297.14 | 299.29 | 296.99 | 1.71 |
| PVS-34.25 | PVS-34.24 | 1.30 | 1.25 | 297.11 | 295.86 | 296.96 | 295.71 | 1.77 |
| PVS-34.24 | PVS-34.23 | 1.10 | 0.48 | 295.83 | 295.35 | 295.68 | 295.20 | 3.52 |
| PVS-34.23 | PVS-34.22 | 0.90 | 0.86 | 295.32 | 294.45 | 295.17 | 294.30 | 3.00 |
| PVS-34.22 | PVS-34.21 | 0.90 | 0.33 | 294.42 | 294.09 | 294.27 | 293.94 | 3.67 |
| CRS-34.21.2 | PVS-34.21.1 | 2.30 | 1.65 | 298.72 | 297.07 | 298.62 | 296.97 | 1.10 |
| PVS-34.21.1 | PVS-34.21 | 4.90 | 2.08 | 297.04 | 294.96 | 296.89 | 294.81 | 1.65 |
| PVS-34.21 | PVS-34.20 | 0.80 | 0.64 | 294.06 | 293.42 | 293.91 | 293.27 | 3.86 |
| PVS-34.20 | PVS-34.19 | 0.70 | 0.20 | 293.39 | 293.19 | 293.24 | 293.04 | 5.78 |
| PVS-34.19 | PVS-34 | 0.70 | 0.55 | 293.16 | 292.61 | 293.01 | 292.46 | 5.77 |
| PVS-34 | PVS-33 | 0.35 | 0.27 | 292.58 | 292.32 | 292.43 | 292.17 | 7.11 |
| PVS-33 | PVS-32 | 0.35 | 0.30 | 292.29 | 291.98 | 292.14 | 291.83 | 7.08 |
| PVS-32 | PVS-31 | 0.35 | 0.17 | 291.95 | 291.79 | 291.80 | 291.64 | 7.56 |
| PVS-31 | PVS-30 | 0.35 | 0.23 | 291.76 | 291.53 | 291.61 | 291.38 | 7.45 |
| PVS-30 | PVS-29 | 0.35 | 0.15 | 291.50 | 291.35 | 291.35 | 291.20 | 7.50 |
| PVS-29 | PVS-28 | 0.35 | 0.17 | 291.32 | 291.15 | 291.17 | 291.00 | 6.06 |
| PVS-28 | PVS-4 | 5.00 | 1.69 | 291.12 | 289.43 | 290.97 | 289.28 | 6.82 |

| Pozo de Visita | | Pendiente del tramo (%) | Caída de alcant (m) | Elev de Corona | | Elev de Invert | | Profundidad de PVS |
|----------------|---------|----------------------------|------------------------|----------------|--------|----------------|--------|-----------------------|
| Desde | Hasta | | | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | |
| PVS-4 | PVS-3 | 0.50 | 0.14 | 287.89 | 287.75 | 287.74 | 287.60 | 4.13 |
| PVS-3 | PVS-2 | 0.50 | 0.12 | 287.72 | 287.60 | 287.57 | 287.45 | 4.01 |
| PVS-2 | PVS-1 | 2.00 | 1.98 | 287.57 | 285.59 | 287.42 | 285.44 | 2.94 |
| PVS 1 | PVS 1.1 | 8.00 | 2.65 | 285.56 | 282.91 | 285.41 | 282.76 | 3.44 |
| CRS 1.1 | PVS-1.2 | 2.30 | 1.49 | 282.88 | 281.39 | 282.73 | 281.24 | 1.02 |
| CRS-1.2 | PVS-1.3 | 0.20 | 0.10 | 281.36 | 281.26 | 281.16 | 281.06 | 1.06 |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | 0.20 | 0.07 | 281.23 | 281.15 | 281.03 | 280.95 | 2.72 |
| PVS-1.4 | PVS-1.5 | 0.20 | 0.06 | 281.12 | 281.06 | 280.92 | 280.86 | 3.72 |
| CRS-1.5 | CR-E | 0.20 | 0.02 | 281.03 | 281.01 | 280.83 | 280.81 | 1.18 |

Canal de entrada

| Tabla de Diseño de Canal de Entrada | | | | | |
|-------------------------------------|------------|------------|-------|--|-------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | | Criterios |
| Población | P | 4808 | hab. | | |
| Dotación | DOT | 97 | lppd | | Consumo Historico |
| Ancho de Canal | B | 0.3 | m | | 0.30 m - 0.70 m |
| Pendiente a lo largo del Canal | S | 0.005 | m/m | | Asumido |
| Coefficiente de Manning | N | 0.013 | | | Concreto (INAA) |
| Borde Libre | BL | 0.2 | m | | 0.20 m - 0.3 m |

| Criterios de Diseño | | | | | |
|---------------------|------------|--|-------------|---------------------|-----------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Caudal medio | QM | $Qm = \frac{P * Dot * 0.8}{86400 \text{ seg / dia}}$ | 4.318 | lt/seg | |
| | | | 0.0043 | m ³ /seg | m ³ /seg |
| Caudal de diseño | QD | $Qd = Q_{max} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst}$ | 13.908 | lt/seg | |
| | | | 0.01391 | m ³ /seg | m ³ /seg |
| Altura maxima | HMAX | $\frac{Qd * n}{\sqrt{S}} = Hmax * B \left(\frac{Hmax * B}{B + 2Hmax} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.06634 | m | |
| | | $\frac{Qd * n}{\sqrt{S}}$ | 0.172484 | | |
| | | $Hmax * B \left(\frac{Hmax * B}{B + 2Hmax} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.128376816 | | |
| Altura media | HMED | $\frac{Qm * n}{\sqrt{S}} = Hm * B \left(\frac{Hm * B}{B + 2Hm} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.03052 | m | |
| | | $\frac{Qm * n}{\sqrt{S}}$ | 0.01122757 | | |
| | | $Hm * B \left(\frac{Hm * B}{B + 2Hm} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.086317789 | | |
| Velocidad maxima | VMAX | $Vmax = \frac{Qd}{B * Hm}$ | 0.698820422 | | 0.40-0.75m/seg,cumple |
| Velocidad media | VM | $Vm = \frac{Qm}{B * Hm}$ | 0.471635681 | | 0.40-0.75m/seg,cumple |
| Area mojada | AT | $At = B * Hmax$ | 0.019902 | m ² | |
| Altura del canal | HCANAL | | 0,5 | m | |

Rejas

| Criterios de Diseño de Rejas | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|----------|--------------------------------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Población | P | 4808 | hab. | |
| Dotación | Dot | 97 | lppd | 0- 5000 Hab → 100 lppd (INAA) |
| Factor de Forma de la Barras | β | 1.79 | | Circular = 1.79 , Rectangular = 2.42 |
| Inclinación de Reja | θ | 45 | ° | 45° - 60° con la Horizontal |
| Separación entre Barra | a | 3 | cm | 2.50 cm - 5.00 cm |
| Espesor Barra | t | 0.75 | cm | 0.50 cm - 1.50 cm |
| Ancho de Canal | B | 0.3 | m | 0.30 m - 0.70 m |
| Ancho de Reja | b | 0.3 | m | Asumido |
| Pendiente a lo largo del Canal | S | 0.005 | m/m | Asumido |
| Coefficiente de Manning | n | 0.013 | | Concreto |
| Borde Libre | BL | 0.2 | m | 0.20 m - 0.3 m |

| Diseño de Rejas | | | | | |
|-------------------------------------|------------|--|---------|----------|-----------------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Cantidad de Barras | | | 8 | unid | |
| Longitud de las Barras | LB | | 0.42 | m | |
| Caudal Medio | Qm | $Qm = \frac{P \cdot Dot \cdot 0.8}{86400 \text{ seg / día}}$ | 4.318 | lt/seg | |
| | | | 0.0043 | m³/seg | |
| Caudal de Diseño | Qd | $Qd = Q_{max} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{inst}$ | 13.908 | lt/seg | |
| | | | 0.0139 | m³/seg | |
| Altura Máxima | Hmax | $\frac{Qd \cdot n}{\sqrt{S}} = Hmax * B \left(\frac{Hmax \cdot B}{B + 2Hmax} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.06634 | m | |
| | | $\frac{Qd * n}{\sqrt{S}}$ | 0.1725 | | |
| | | $Hmax * B \left(\frac{Hmax \cdot B}{B + 2Hmax} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.1284 | | |
| Altura media de agua antes de rejas | Hmed | $\frac{Qm \cdot n}{\sqrt{S}} = Hm * B \left(\frac{Hm \cdot B}{B + 2Hm} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.03052 | m | |
| | | $\frac{Qm * n}{\sqrt{S}}$ | 0.0112 | | |
| | | $Hm * B \left(\frac{Hm \cdot B}{B + 2Hm} \right)^{\frac{2}{3}}$ | 0.0863 | | |
| Velocidad Máxima antes de Reja | Vmáx | $Vmax = \frac{Qd}{B \cdot Hmax}$ | 0.6988 | m/seg | 0.40-0.75m/segundo, cumple |
| Velocidad Media antes de Reja | Vm | $Vm = \frac{Qm}{B \cdot Hm}$ | 0.4716 | m/seg | 0.40-0.75m/segundos, cumple |
| Área Total Mojada | At | $At = B * Hmax$ | 0.0199 | m² | |
| Eficiencia | E | $E = \frac{a}{a+t}$ | 0.8000 | | 0.6 - 0.85 (CEPIS) |
| Área Útil | Au | $Au = At * E$ | 0.0159 | m² | |
| Velocidad de Paso | Vp | $Vp = \frac{Qd}{Au}$ | 0.6830 | m/seg | 0.40-0.75m/segundos, cumple |

Rejas

| Verificación de la Velocidad Media | | | | | |
|--|--------|--|--------|---|----------------------------|
| Área Total por Velocidad Media | At' | $A't = b * H_{med}$ | 0.0092 | m ² | |
| Área Útil por Velocidad Media | Au' | $A'U = A't * E$ | 0.0073 | m ² | |
| Velocidad Media | Vm | $V'm = \frac{Qm}{A'u}$ | 0.5895 | m/seg | 0.40-0.75m/segundo, cumple |
| Pérdida de Carga en Rejas Limpias | Hf | $Hf = \beta * \left(\frac{v}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin \theta * \sin \theta \frac{v^2 m}{2g}$ | 0.0069 | m | <0.15, cumple |
| Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruida) | Hfo | $Hf^o = \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 * Hf = \left(\frac{E}{0.75 * E}\right) Hf$ | 0.0122 | m | <0.15, cumple |
| | Eo | 0.75 E | 0.6000 | (0.5 - 0.75), (0.75 = Parcialmente Obstruido) | |
| Altura del Canal | Hcanal | $H \text{ canal} = H_{max} + hf^o + BL$ | 0.5 | m | |

Desarenador

| Criterio de Diseño del Desarenador | | | | |
|---|------------|---------|-------------------------------------|-------------------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Carga Superficial | Cs | 1200 | m ³ /m ² /día | 700 - 1600 |
| Caudal de Diseño | Qd | 0.01391 | m ³ /seg | |
| Velocidad de flujo | V | 0.3 | m/seg | Valor sugerido por INAA |
| Diámetro de partícula | Ø | 0.2 | mm | > 0.2 mm, CEPIS |
| Velocidad de Sedimentación | Vs | 0.021 | m/seg | cepis |
| Número de Desarenadores | No | 2 | unid | |
| Tiempo de Retencion de Sedimento en Tolva | t | 15 | días | Por Mantenimiento |

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|-------------------|-----------------------------------|--------|----------------|----------------------------|
| Altura del agua en zona de sedimentación | | | 0.234 | m | |
| Area superficial | AS | | 1.001 | m ² | |
| Longitud teorica del desarenador | L | | 3.34 | m | Según cepis |
| Ancho | b | | 0.30 | m | Usar B de Canal de Entrada |
| Altura de Agua en el Canal de Llegada | H _{agua} | $\frac{Qd}{b * V}$ | 0.15 | m | |
| Borde libre | BL | | 0.20 | m | Asumido |
| Largo | L | $\frac{V * H_{agua} * 86400}{Cs}$ | 3.34 | m | |
| Altura calculada del desarenador (Hc) | | | 1.06 | m | |
| Radio Hidráulico | Rh | A/P | 0.0761 | m | |
| | | Rh ^{2/3} | 0.1796 | | |
| Pendiente Longitudinal del Desarenador | S | $S = (n * V) / Rh^{2/3}$ | 0.8463 | % | |
| Pérdidas en el desarenador | Hf | S * L | 0.0282 | m | |

Desarenador

| Zona de Lodos | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|---|---------|--------------------|---------------------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Cantidad de material retenido | Cant.retenida | | 0.029 | lts/m ³ | Zona Residencial, OPS/OMS/CEPIS |
| Volumen Sedimentado | V _{sed} | Q * Cant.retenida * t | 522.715 | lts | |
| Volumen requerido de tolva | Vol.Req.Tolva | V _{sed} | 0.523 | m ³ | |
| Altura de Tolva propuesta | H _{tolva} | | 0.60 | m | |
| Ancho | b | | 0.30 | m | |
| Largo | L | | 3.34 | m | |
| Volumen propuesto de tolva | V _{tolva} | H Tolva *b*l | 0.601 | m ³ | ≥Vol.Req.tolva, Cumple |
| Altura Total del Desarenador | Htotal | Σ H _{agua} + H _{tolva} + BL | 0.95 | m | |

Canaleta Parshall

| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
|--|------------------|---------|---------------------|---------------------------------|
| Caudales de Diseño | Q _{min} | 0.00086 | m ³ /seg | > 0.0008 |
| | Q _d | 0.01391 | m ³ /seg | < 0.0538 |
| Ancho de Canal | B | 0.30 | m | |
| Ancho de Garganta | W' | 0.15 | m | 1/3 - 1/2 de B |
| Ancho de Garganta Seleccionado | W | 0.076 | m | |
| Dimensiones de Canal Parshall Seleccionado | A | 0.467 | m | Ver Criterios Apéndice D-1-5 |
| | 2/3 A | 0.311 | m | |
| | Wc | 0.198 | m | |
| | B | 0.457 | m | |
| | C | 0.178 | m | |
| | D | 0.259 | m | |
| | E | 0.61 | m | |
| | F | 0.152 | m | |
| | G | 0.305 | m | |
| | K | 0.025 | m | |
| | N | 0.057 | m | |
| | R | 0.406 | m | |
| | M | 0.305 | m | |
| | P | 0.768 | m | |
| | X | 0.025 | m | |
| | Y | 0.038 | m | |
| | k | 0.1765 | | |
| | n | 1.547 | | |

Canaleta Parshall

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|----------------|---|--------|----------|--|
| Carga Piezométrica en Wc (Tramo Convergente) | Ha | $\sqrt[n]{Q_{max}/k}$ | 0.194 | m | Despejando $Q = KH^n$ |
| Carga Piezométrica en Tramo Contraído | Hb | $\sqrt[n]{Q_{min}/k}$ | 0.0321 | m | |
| Ahogamiento | | $\frac{Hb}{Ha}$ | 16.589 | % | < 60 %, Cumple |
| Velocidad en la Sección Wc | Vo | $\frac{Q}{wc * Ha}$ | 0.363 | m/seg | |
| Carga Total en la Sección Wc | Hc | $\frac{V_o^2}{2g} + Ha + M/4$ | 0.276 | m | |
| Caudal Específico en W | q | $\frac{Q}{W}$ | 0.183 | m³/m/seg | |
| Angulo θ | θ | $\cos^{-1} \left(\frac{(-q * g)}{\left(\frac{2}{3} * g * Hc \right)^{1/5}} \right)$ | 1.571 | rad | |
| Velocidad antes del Resalto | V ₁ | $2 \left(\left(\frac{2g * E^o}{3} \right) * \cos \left(\frac{\theta}{3} \right) \right)$ | 2.33 | m/seg | 2.5 m/seg - 3 m/seg |
| Altura de Agua antes del Resalto | h ₁ | $\frac{q}{V_1}$ | 0.079 | m | |
| Froude | F | $\frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$ | 2.653 | | Régimen Supercrítico |
| Altura de Agua en el Resalto | h ₂ | $\frac{h_1}{2} \sqrt{(1 + 8F^2)} - 1$ | 0.258 | m | h ₁ < h ₂ , OK!! |
| Velocidad en el Resalto | V ₂ | $\frac{Q}{W * h_2}$ | 0.709 | m/seg | |
| Altura de agua en la Salida del Canal | h ₃ | h ₂ - (N-K) | 0.226 | m | |
| Velocidad en la Sección de Salida | V ₃ | $\frac{Q}{C * h_3}$ | 0.346 | m/seg | |
| Pérdidas | hf | $\frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1}$ | 0.071 | m | |

| Ahogamiento | Hb/Ha < 60 % | | | Hb/Ha < 70 % | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ln | 7 | 15 | 22 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | |
| W (cm) | 7.6 | 15.2 | 22.9 | 30.5 | 45.7 | 61 | 91.5 | 121.9 | 152.4 | 182.9 | 213.4 | 243.8 | |
| A (cm) | 46.7 | 62.1 | 88 | 137.2 | 144.8 | 152.4 | 167.6 | 182.9 | 198.1 | 213.4 | 228.6 | 243.8 | |
| 2/3 A (cm) | 31.1 | 41.4 | 58.7 | 91.4 | 96.5 | 101.6 | 11.8 | 121.9 | 132.1 | 142.3 | 152.4 | 162.6 | |
| Wc cm | 19.8 | 31.5 | 46 | 66.5 | 83.6 | 120.3 | 135.3 | 169.8 | 204.3 | 238.8 | 273.3 | 307.7 | |
| B cm | 45.7 | 61 | 86.4 | 134.3 | 134.3 | 149.5 | 164.5 | 179.4 | 194.3 | 209.2 | 224.2 | 239.1 | |
| C cm | 17.8 | 39.4 | 38.1 | 61 | 76.2 | 91.4 | 121.9 | 152.4 | 182.9 | 213.4 | 243.8 | 274.3 | |
| D cm | 25.9 | 39.7 | 57.5 | 84.5 | 102.6 | 149.9 | 157.2 | 193.7 | 230.2 | 266.7 | 333.2 | 339.7 | |
| E cm | 61 | 61 | 76.2 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | |
| F cm | 15.2 | 30.5 | 30.5 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | |
| G cm | 30.5 | 61 | 45.7 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91 | |
| K cm | 2.5 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | |
| N cm | 5.7 | 11.4 | 11.4 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | |
| R cm | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | |
| M cm | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 45.7 | 45.7 | 45.7 | 45.7 | 45.7 | |
| P cm | 76.8 | 90.2 | 108 | 149.2 | 167.6 | 185.4 | 222.3 | 171.1 | 308 | 344.2 | 381 | 417.2 | |
| X cm | 2.5 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | |
| Y cm | 3.8 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | |
| Caudal de | Minimo | 0.0008 | 0.0014 | 0.0025 | 0.0031 | 0.0042 | 0.0119 | 0.0173 | 0.0368 | 0.0453 | 0.0736 | 0.085 | 0.0991 |
| Flujo Libre | Máximo | 0.0538 | 0.1104 | 0.252 | 0.4559 | 0.6966 | 0.9373 | 1.4272 | 1.9227 | 2.4239 | 2.9308 | 3.4377 | 3.9502 |

Canaleta Parshall

| Valores de Calibracion | | |
|------------------------|--|-------|
| W cm | k | n |
| 7.6 | 0.1765 | 1.547 |
| 15.2 | 0.381 | 1.58 |
| 22.9 | 0.535 | 1.53 |
| 30.5 | 0.69 | 1.522 |
| 45.7 | 1.054 | 1.538 |
| 61 | 1.426 | 1.55 |
| 92.5 | 2.182 | 1.556 |
| 122 | 2.935 | 1.578 |
| 152.5 | 3.728 | 1.587 |
| 183.2 | 4.515 | 1.595 |
| 213.5 | 5.306 | 1.601 |
| 244 | 6.101 | 1.606 |
| 30 - 240 | $Q = 0.372 * W * (3.281 \text{ Ha})^{1.568} W^{0.026}$ | |

Nota: Los coeficientes de la ecuación anterior son K y n, siendo "n" los que se encuentran en forma exponencial

Tanque Imhoff

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|----------------|--|----------------|--------------------------------|---|
| Población | P | | 4,808.00 | hab | |
| Dotación | Dot | | 97.00 | lppd | Consumo Historico |
| Sólidos en Suspensión | SS | | 435.00 | mg/lt | Caract. Santo Ch. |
| DBO ₅ Afluente | S _o | | 411.00 | mg/lt | Caract. Santo Ch. |
| Caudal Medio | Qm | $Qm = \frac{P \cdot Dot \cdot 0.8}{86400 \text{ seg/día}}$ | 0.0043 | m ³ /seg | |
| Carga per cápita de DBO ₅ | q | S _o x (Dot x 0.8) | 31.89 0.032 | grDBO/hab/día KgDBO/hab/día | |
| Carga diaria de DBO | CTA | q * P | 153.34 | KgDBO/día | |
| Coliformes fecales en el afluente | CFA | | 7670,000.00 | NMP/100 ml | Asumido |
| Porcentaje de Remoción de DBO | R | | 50.00 | % | 40% - 60 %, CEPIS |
| Concentración de DBO ₅ en Afluente | S _o | $\frac{DBO \text{ por día}}{Qm}$ | 411.00 | mg /lt | Comprobación de "S _o " dado por Laboratorio UNI 1999 |
| Concentración DBO en Efluente | S | S _o - (R * S _o) | 205.50 | mg /lt | |
| Remoción de Coliformes | | | 50.00 | % | |
| Coliformes fecales en Efluente | CFE | CFA- 50% CFA | 3835,000.00 | NMP / 100 ml | |

| Camara de Sedimentación | | | | |
|--|--------------------|-------|------------------------------------|-----------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Carga Superficial | Cs | 1.35 | m ³ /m ² /hr | 1.0 - 1.7, INAA |
| Carga Sobre el Vertedero Efluente | | 15.00 | m ³ /m/hr | 7 - 25, INAA |
| Tiempo de retención | Trs | 2.00 | hr | 2-4, INAA |
| Velocidad Horizontal del Flujo | V _{flujo} | 30.00 | cm/min | INAA |
| Relación Longitud/Ancho (ΔL/Δb) | ΔL | 4.00 | | INAA |
| | Δb | 1.00 | | |
| Pendiente del Fondo del sedimentador | Δh | 1.00 | | INAA |
| | Δv | 1.00 | | |
| Abertura de Comunicación entre Cámaras | | 25.00 | cm | 15 - 30, INAA |
| Proyección Horizontal del Saliente | | 25.00 | cm | 15 - 30, INAA |
| Número TANQUES | Ns | 1.00 | | |
| Número de Sedimentadores | Ns | 1.00 | | |

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|--------------------|-------------------------------|-------|----------------|---------------------|
| Volumen Total de Sedimentación | Vs | $Qm * Trs$ | 31.09 | m ³ | |
| Volumen por Sedimentador | Vsu | $\frac{Vs}{Ns}$ | 31.09 | m ³ | |
| Área Superficial mínima del Sedimentador | As | $\frac{Qm}{Cs}$ | 11.52 | m ² | |
| Área Superficial mínima por Sedimentador | Asu | $\frac{As}{Ns}$ | 11.52 | m ² | |
| Ancho de Sedimentador | Bs | $\sqrt{\frac{Asu}{\Delta l}}$ | 1.70 | m | |
| Longitud de Sedimentador | Ls | $Bs * \Delta l$ | 6.79 | m | |
| Área Transversal Triangular de Sedimentador | Ats | $\frac{Bs}{2} * Hts$ | 0.72 | m ² | |
| Altura Triangular de Sedimentador | Hts | $\frac{Bs}{2} * h$ | 0.85 | m | |
| Área Transversal Rectangular de Sedimentador | Ars | $\frac{Vsu - (Ats * Ls)}{ls}$ | 2.28 | m ² | |
| Altura Rectangular de Sedimentador | Hrs | $\frac{Ars}{Bs}$ | 1.34 | m | |
| Área Transversal Total de cada Sedimentador | ATS | $Ars + Ats$ | 3.00 | m ² | |
| Altura Total de cada Sedimentador | HTS | $Hrs + Hts$ | 2.19 | m | |
| Longitud mínima del vertedero salida | lv | $lv: Qmax / chv$ | 4.81 | m | |
| Revisión de Velocidad Horizontal del Flujo | V _{flujo} | $\frac{Qm}{ATS * Ns}$ | 8.65 | cm/min | < 30 cm/min, Cumple |

| Deflector de Espuma | | | | |
|---------------------------------|------------|-------|----------|----------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Por debajo de la Superficie | | 30.00 | cm | 25-40 cm INAA |
| Por encima de la Superficie | | 30.00 | aw | INAA |
| Borde Libre | BL | 50.00 | cm | 45 - 60, INAA |
| | | | | |
| Zona de Ventilación de Gases | | | | |
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Anchura de Abertura | | 0.60 | m | 45-75 m |
| Separación entre Sedimentadores | | 1.00 | m | > 1.00 m Cepis |
| Porcentaje | | 26.2% | % | 15-30% |

| Cámara de Digestión | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|----------|-----------------------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Temperatura de Agua | Ta | 26.40 | °C | |
| Factor de Capacidad Relativa | fcr | 0.50 | | Ver Cuadro D-2-1b |
| Tiempo de retención de lodos | Trc | 30.00 | días | Ver Cuadro D-2-1a |
| Pendiente del Fondo | Δa | 2.00 | | INAA |
| | Δb | 1.00 | | |
| Tubería de Extracción de Lodos | ϕ | 25.00 | cm | 20 - 30, INAA |
| | | 0.25 | m | Al fondo de tanque |
| Número de Cámaras | Nc | 1.00 | und | |
| Altura Trapezoidal | Htc | 0.80 | m | $Htc = [(BM - Bm)/2] * Pfc$ |

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|------------|---|--------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Carga Hidráulica Sobre El Vertedero | Chv | | 250.00 | m ³ / m ² día | 125-500 |
| Longitud de cada Cámara | Lc | $Lc = ls/2$ | 6.79 | m | |
| Volumen por Cámara | Vcu | $\frac{70 * P * fcr}{1000}$ | 168.28 | m ³ | OPS, CEPIS, 05 163, UNATSABAR |
| Base Mayor de Cámara de Lodos | BMc | $= 2Bs + 2(Anchura\ de\ Abertura) + Separación\ entre\ Sedimentadores$ | 4.20 | m | |
| Base Menor de Cámara de Lodos | Bmc | | 1.00 | m | |
| Altura en Zona Trapezoidal | Htc | $\frac{BMc - Bmc}{2 * a}$ | 0.80 | m | |
| Volumen en Zona Trapezoidal | Vtc | $\frac{Htc}{3} * ((BMc * Lc) + Bmc^2 + \sqrt{(BMc * Lc) + Bmc^2}) / Nc$ | 9.28 | m ³ | |
| Volumen en Zona Recta de cada Cámara | Vrc | $Vcu - Vtc$ | 159.00 | m ³ | |
| Altura de Lodos en Zona Recta de cada Cámara | Hrc | $\frac{Vrc}{Lc * BMc}$ | 5.58 | m | |
| Distancia Libre hasta el nivel de Lodos | | | 0.40 | m | 0.30-0.90 INAA |
| Altura total de la cámara de digestión | Htd | | 6.78 | m | |
| Altura Total del Tanque | HT | $Hts + Bl + Htd$ | 9.47 | m | 7.25 - 9.5, INAA |

Lecho de secado

| LECHO DE SECADO | | | | |
|---------------------------------|----------------------|-------|----------|--------------------|
| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| Densidad de los Lodos | ρ_{lodo} | 1.04 | Kg/lt | CEPIS |
| Sólidos Contenidos en los Lodos | % Sólidos | 10.00 | % | 8-12 % CEPIS |
| Altura del Lecho | Hl | 0.40 | m | 0.3 - 0.6 m, CEPIS |

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|-------------------------|---|--------|----------------|--------------|
| Carga de Sólidos que Ingresan al Sedimentador | C | $Qm * SS$ | 162.30 | Kg de SS/día | |
| Masa de Sólidos que Conforman los Sólidos | Msd | $0.325 * C$ | 52.75 | Kg de SS/día | |
| Volumen Diario de Lodos Digeridos | Vld | $\frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} * \frac{\% \text{ sólidos}}{100}}$ | 507.18 | lts/día | |
| Volumen de Lodos a Extraerse del Tanque | $V_{\text{extracción}}$ | $Vld * Trc$ | 15.22 | m ³ | |
| Área del Lecho de Secado | Als | $\frac{V_{\text{extracción}}}{Hl}$ | 38.04 | m ² | |
| Ancho del Lecho de Secado | Bls | | 6.00 | m | (3-6)m Cepis |
| Largo del Lecho de Secado | Lls | $\frac{Als}{Bls}$ | 6.34 | | |

| Temperatura de Agua °C | Tiempo de Digestión en Días | Temperatura de Agua °C | Factor de Capacidad Relativa |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|
| 5.00 | 110.00 | 5.00 | 2.00 |
| 10.00 | 76.00 | 10.00 | 1.40 |
| 15.00 | 55.00 | 15.00 | 1.00 |
| 20.00 | 40.00 | 20.00 | 0.70 |
| > 25 | 30.00 | > 25 | 0.50 |

ALTERNATIVA #1

Biofiltro # 1

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|------------------------|---|----------|---------------------|-----------------------|
| Coliformes Fecales en el Afluente | CFA | | 3.84E+06 | NMP/100 ml | |
| Coliformes Fecales en el Efluente | CFE | | 1.87E+04 | NMP/100 ml | > 1.00E+03, No Cumple |
| Coliformes Fecales Removidos | CF _{remov.} | | 99.51 | % | |
| DBO ₅ Afluente | S ₀ | | 205.50 | mg/lt | |
| DBO ₅ Efluente Esperado | S | | 1.000 | mg /lt | < 30, Cumple |
| DBO ₅ Removido | DBO _{5remov.} | | 99.51 | % | |
| Caudal Medio | Qm | | 0.00432 | m ³ /seg | |
| | | | 373.1008 | m ³ /día | |
| Medio Filtrante | | Grava | | | |
| Porosidad | η | | 0.34 | | |
| Conductividad Hidráulica | Ks | | 8000 | m/día | |
| Profundidad Media del Humedal | Hm | | 0.70 | m | 0.60 - 0.85 m |
| Temperatura del Agua en el Mes más Frío | Ta | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25.6 | °C | |
| Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C | K _{20°C} | $1.839 * 37.31 * n^{4.172}$ | 0.762 | d ⁻¹ | |
| Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente | K _{d(Ta)} | $K_{20^{\circ}C} * 1.06^{(Ta - 20^{\circ}C)}$ | 1.054 | d ⁻¹ | |

| Superficie Requerida | | | | | |
|--------------------------------|------------------|--|--------|----------------------|------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Area Superficial Requerida | As | $\frac{Qm * (ln(so) - ln(s))}{Kd (Ta) * Hm * n}$ | 7919 | m ² | |
| Tiempo de Retención Hidráulica | Tr | $\frac{As * Hm * n}{Qm}$ | 5.05 | días | |
| Carga Orgánica | L _{org} | $\frac{so * Hm * n}{Tr}$ | 96.82 | KgDBO/ha*día | < 112, Cumple |
| Carga Hidráulica | CH | $\frac{Qm}{As}$ | 471.13 | m ³ /ha*d | 470-1870, Cumple |

| Diseño Geométrico | | | | | |
|-------------------------------|------------|------------------------|---------|---------------------|-------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Número de Biofiltros | N | | 1 | unid | |
| Superficie Unitaria | Asu | $\frac{As}{N}$ | 7919 | m ² | |
| Caudal Unitario | Qmu | $\frac{Qm}{N}$ | 373.101 | m ³ /día | |
| Pendiente del Fondo del Lecho | i | | 0.010 | m/m | 0.05-0.01 |
| Relacion Largo/Ancho | L/B | | 0.900 | | |
| Ancho Unitario | B | $\sqrt{\frac{Asu}{N}}$ | 94 | m | 7919.299517 |
| Largo Unitario | L | $\frac{Asu}{B}$ | 84 | m | 0.791929952 |

| Detalle Geometrico | | | | | |
|---|------------|------------------|-------|----------|---------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Espesor de Tierra Superficial | Ht | | 0.10 | m | 0.05 - 0.15 m |
| Altura de Borde Libre | BL | | 0.20 | m | 0.2 - 0.9 m |
| Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro | H1 | $Hm - (L/2 * i)$ | 0.28 | m | |
| Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro | He | $Ht + BL + Ht$ | 0.58 | m | |
| Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro | H2 | $Hm + (L/2 * i)$ | 1.12 | m | |
| Profundidad de Salida del Humedal | Hs | $Ht + BL + Hs$ | 1.42 | m | |
| Talud a lo largo | zL | | 2/3 | | |
| Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal | Le | $\frac{He}{zL}$ | 0.87 | m | |
| Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal | Ls | $\frac{Hs}{zL}$ | 2.13 | m | |
| Longitud Total de Biofiltro | Lt | $L + Le + Ls$ | 87 | m | |
| Talud de Entrada del Humedal | zB | | 2/3 | | |
| Margen Extra de la Base del Humedal | Bm | $\frac{He}{zB}$ | 0.87 | m | |
| Talud a lo ancho de la Salida del Humedal | zB' | $\frac{Hs}{Bm}$ | 3/5 | | |

Biofiltro # 2

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|------------------------|---|----------|---------------------|--------------------|
| Coliformes Fecales en el Afluente | CFA | | 1.87E+04 | NMP/100 ml | |
| Coliformes Fecales en el Efluente | CFE | | 9.08E+01 | NMP/100 ml | < 1.00E+03, Cumple |
| Coliformes Fecales Removidos | CF _{remov.} | | 99.513 | % | |
| DBO ₅ Afluente | S _o | | 205.50 | mg/lt | |
| DBO ₅ Efluente Esperado | S | | 1.000 | mg /lt | < 30, Cumple |
| DBO ₅ Removido | DBO _{5remov.} | | 99.51 | % | |
| Caudal Medio | Qm | | 0.004318 | m ³ /seg | |
| | | | 373.1008 | m ³ /día | |
| Medio Filtrante | | Grava Media | | | |
| Porosidad | η | | 0.34 | | |
| Conductividad Hidráulica | Ks | | 8000 | m/día | |
| Profundidad Media del Humedal | Hm | | 0.70 | m | 0.60 - 0.85 m |
| Temperatura del Agua en el Mes más Frio | Ta | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25.6 | °C | |
| Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C | K _{20°C} | $1.839 * 37.31 * n^{4.172}$ | 0.762 | d ⁻¹ | |
| Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente | K _{d(Ta)} | $K_{20^{\circ}C} * 1.06^{(Ta - 20^{\circ}C)}$ | 1.054 | d ⁻¹ | |

| Superficie Requerida | | | | | |
|--------------------------------|------------------|--|--------|----------------------|------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Area Superficial Requerida | As | $\frac{Qm * (\ln(so) - \ln(s))}{Kd (Ta) * Hm * n}$ | 7919 | m ² | |
| Tiempo de Retención Hidráulica | Tr | $\frac{As * Hm * n}{Qm}$ | 5.05 | días | |
| Carga Orgánica | L _{org} | $\frac{so * Hm * n}{Tr}$ | 96.82 | KgDBO/ha*día | < 112, Cumple |
| Carga Hidráulica | CH | $\frac{Qm}{As}$ | 471.13 | m ³ /ha*d | 470-1870, Cumple |

| Detalle Geométrico | | | | | |
|-------------------------------|------------|------------------------|---------|---------------------|-----------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Número de Biofiltros | N | | 1 | unid | |
| Superficie Unitaria | Asu | $\frac{As}{N}$ | 7919 | m ² | |
| Caudal Unitario | Qmu | $\frac{Qm}{N}$ | 373.101 | m ³ /día | |
| Pendiente del Fondo del Lecho | i | | 0.010 | m/m | 0.05-0.01 |
| Relacion Largo/Ancho | L/B | | 1 | | |
| Ancho Unitario | B | $\sqrt{\frac{Asu}{N}}$ | 94 | m | |
| Largo Unitario | L | $\frac{Asu}{B}$ | 84 | m | |

| Detalle Geométrico | | | | | |
|---|------------|------------------|-------|----------|---------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Espesor de Tierra Superficial | Ht | | 0.10 | m | 0.05 - 0.15 m |
| Altura de Borde Libre | BL | | 0.20 | m | 0.2 - 0.9 m |
| Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro | H1 | $Hm - (L/2 * i)$ | 0.28 | m | |
| Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro | He | $Ht + BL + H t$ | 0.58 | m | |
| Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro | H2 | $Hm + (L/2 * i)$ | 1.12 | m | |
| Profundidad de Salida del Humedal | Hs | $Ht + BL + Hs$ | 1.42 | m | |
| Talud a lo largo | zL | | 2/3 | | |
| Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal | Le | $\frac{He}{zL}$ | 0.87 | m | |
| Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal | Ls | $\frac{Hs}{zL}$ | 2.13 | m | |
| Longitud Total de Biofiltro | Lt | $L + Le + Ls$ | 87 | m | |
| Talud de Entrada del Humedal | zB | | 2/3 | | |
| Margen Extra de la Base del Humedal | Bm | $\frac{He}{zB}$ | 0.87 | m | |
| Talud a lo ancho de la Salida del Humedal | zB' | $\frac{Hs}{Bm}$ | 3/5 | | |

ALTERNATIVA # 2

Laguna Facultativa Secundaria

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|------------|--------------------|----------|------------|-----------|
| Población | P | | 4,808 | hab | |
| Dotación. | Dot | | 97.00 | lppd | |
| Aporte de Agua Residual | | | 0.80 | | |
| Caudal Medio | Qm | | 4.318 | lts/seg | |
| | | | 373100.8 | lts/día | |
| | | | 373.1008 | m³/día | |
| DBO ₅ Afluente | So | $So * (Dot * 0.8)$ | 205.50 | mg/lt | |
| Carga Percápita de DBO ₅ Afluente | q | | 15.9468 | gr/hab*día | |
| Coliformes Fecales en el Afluente. | CFA | | 3.84E+06 | NMP/100ml | |

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|--|-------------------|--|----------|--------------|---------------------------|
| Carga Total Aplicada de DBO ₅ | CTA | $SO * Qm$ | 76.672 | KgDBO/día | |
| Temperatura del Aire en el Mes más Frío. | T _{aire} | | 22.0 | °C | |
| Temperatura del Agua en el Mes más Frío | Ta | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25.6 | °C | |
| Carga Superficial Máxima | CS _{máx} | $357.4 * (1.085^{(Ta - 20^{\circ}C)})$ | 478.583 | KgDBO/Ha*día | CEPIS |
| Carga Superficial Aplicada | CSA | $0.4 * CS_{máx}$ | 191.433 | KgDBO/Ha*día | (70-90%)CS _{máx} |
| Área Total de Lagunas Facultativas | A _t | CTA/CSA | 0.401 | Ha | |
| | | | 4005.165 | m² | |
| Número de Laguna | N | | 2 | unid. | |
| Área Requerida por Laguna | A _u | $\frac{At}{N}$ | 2002.583 | m² | |

| Dimensionamiento por Laguna | | | | | |
|--------------------------------|------------|---|---------------|----------|---------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Altura de Agua | H | | 1.800 | m | 1.5 - 2.5 m |
| Relación Largo/Ancho | n | $\frac{L}{B}$ | 2 | m | 2:1 - 4:1 |
| Ancho en Superficie de Agua | B | $\sqrt{\frac{Au}{n}}$ | 31.643 | m | |
| Longitud en Superficie de Agua | L | $n * B$ | 63.286 | m | |
| Talud Interno de Laguna | z | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | | |
| Ancho Interior | b | $B - (2 * H/z)$ | 20.843 | m | |
| Longitud Interior | l | $L - (2 * H/z)$ | 52.486 | m | |
| Volumen de Laguna | V | $\frac{H}{6} * (B(2L + l) + b(2l + L))$ | 2751.917 | m³ | |
| Período Retención | Pr | $\frac{V}{Qm / N}$ | 14.752 | días | 7 - 15 días, Cumple |

| Borde Libre | | | | | |
|---|------------|----------------|--------|----------|-----------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Aumento de largo y Ancho del perímetro superior (L y B) | BL | | 2.000 | m | |
| Ancho Total | Bt | $B + BL$ | 33.643 | m | |
| Longitud Total | Lt | $L + BL$ | 65.286 | m | |
| Altura Total | Ht | $H + (BL * z)$ | 2.133 | m | |

| 1. Remoción de Materia Orgánica DBO5 | | | | | |
|--|--------------------------|---|---------|-----------------|-------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C | $K_{20^{\circ}\text{C}}$ | $\frac{Pr}{-14.77 + 4.46 * Pr}$ | 0.289 | d ⁻¹ | |
| Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente | $K_d(T_a)$ | $K_{20^{\circ}\text{C}} * 1.085^{(T_a - 20^{\circ}\text{C})}$ | 0.456 | d ⁻¹ | |
| a. Marais Chow | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| DBO Remanente en el Efluente | S | $\frac{S_o}{1 + (K_d * Pr)}$ | 26.608 | mg/l | < 30 mg/l, Cumple |
| Porcentaje Remanente de DBO5 en el Efluente | %S | $100 * (S / S_o)$ | 12.948 | % | |
| Porcentaje Removido DBO5 del Afluente | | $100 - \%S$ | 87.052 | % | |
| b. Cepis (Dr. Yáñez) | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Carga Superficial Removida | CSremov | $7.67 + (0.8063 * CSA)$ | 162.023 | kgDBO/Ha*día | |
| Carga Superficial Remanente | CSreman | $CSA - CS_{remov}$ | 29.411 | kgDBO/Ha*día | |
| Porcentaje Remanente DBO5 en el Efluente | %CSreman | $100 * (CS_{reman} / CSA)$ | 15.363 | % | |
| Porcentaje Removido DBO5 del Afluente | | $100 - \%CS_{reman}$ | 84.637 | % | |
| Carga Total Aplicada en el Efluente | CTA _{efluente} | $CS_{reman} * At$ | 11.779 | KgDBO/día | |
| Concentración DBO5 en el Efluente | S | $\frac{CTA_{efluente}}{Q_m}$ | 31.572 | mg/l | No Cumple |
| c. Thirmurty | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Factor Geométrico | x | n | 2 | | |
| Factor de Dispersión | d | $\frac{x}{-0.26118 + 0.25392x + 1.01368x^2}$ | 0.465 | | |
| Factor "a" de DBO5 | a | $\sqrt{1 + (4 * K_d (T_a) * d * Pr)}$ | 3.675 | | |
| DBO Remanente en el Efluente | S | $\frac{S_o * 4 * a * e^{(\frac{1-a}{2d})}}{(1+a)^2}$ | 7.787 | mg/l | < 30 mg/l, Cumple |
| Porcentaje Remanente DBO en el Efluente | %S | $100 * (S / S_o)$ | 3.789 | % | |
| Porcentaje Removido DBO del Afluente | | $100 - \%S$ | 96.211 | % | |

| 2. Remoción de Coliformes Fecales | | | | | |
|---|------------|--|-----------|-------------|-----------|
| a. Marais Chow | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Coefficiente de Mortandad de Coliformes Fecales | Kb | $0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$ | 1.225 | | |
| Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | CFE | $\frac{CFA}{1 + Kb + Pr}$ | 2.01E+05 | NMP /100 ml | No Cumple |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | %CFE | $100 * (CFE / CFA)$ | 5.243 | % | |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente | | $100 - \%CFE$ | 94.757 | % | |
| c. Thirmurty | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Factor "a" | a | $\sqrt{1 + (4 * Kb * d * Pr)}$ | 5.883 | Adim | |
| Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | CFE | $\frac{CFA * 4 * a * e^{(\frac{1-a}{2d})}}{(1+a)^2}$ | 9.981E+03 | NMP*/100ml | No Cumple |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | %CFE | $100 * (CFE / CFA)$ | 0.260 | % | |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente | | $100 - \%CFE$ | 99.740 | % | |

Laguna Aerobia Terciaria

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|----------------|------------------------------|------------|----------------|---------------------|
| Caudal Medio | Qm | | 4.318 | lps | |
| | | | 373100.800 | lpd | |
| | | | 373.101 | m3/d | |
| DBO ₅ Afluente (Efuyente de Lag. Fac. Sec.) | So | Marais Chow | 26.608 | mg/l | < 30 mg/lit, Cumple |
| | | CEPIS | 31.572 | mg/l | No Cumple |
| | | Thirimurty | 7.787 | mg/l | < 30 mg/lit, Cumple |
| Coliformes Fecales Afluentes (Efuyente de Lag. Fac. Sec.) | CFA | Marais Chow | 2.011E+05 | NMP/100ml | No Cumple |
| | | Thirimurty | 9.981E+03 | NMP/100ml | No Cumple |
| Carga Total Aplicada (según Marais Chow, CEPIS y Thirimurty, respectivamente) | CTA | So * (Dot * 0.8) | 9.927 | Kg/día | |
| | | | 11.779 | Kg/día | |
| | | | 2.905 | Kg/día | |
| Área Total de Lagunas Aeróbicas | A _t | Área Total de Lag. Fac. Sec. | 0.401 | Ha | |
| | | | 4005.165 | m ² | |
| Número de Lagunas | N | | 2.000 | unid. | |
| Área Requerida por Laguna | A _u | | 0.200 | Ha | |
| | | | 2002.583 | m ² | |
| Carga Superficial Aplicada (según Marais Chow y Thirimurty, respectivamente) | CSA | CTA / A _t | 24.786 | Kg DBO/Ha*d | < 150, Cumple |
| | | | 7.254 | Kg DBO/Ha*d | < 150, Cumple |

| Dimensionamiento por Laguna | | | | | |
|--------------------------------|------------|--|----------|----------------|----------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Altura de Agua | H | | 1.500 | m | 1.00 - 1.50 m |
| Relación Largo/Ancho | n | $\frac{L}{B}$ | 2 | m | 2:1 - 4:1 |
| Ancho en Superficie de Agua | B | $\sqrt{\frac{Au}{n}}$ | 31.643 | m | |
| Longitud en Superficie de Agua | L | n*B | 63.286 | m | |
| Talud Interno de Laguna | z | 1/3 | 1/3 | | |
| Ancho Interior | b | B - (2* H/z) | 22.643 | m | |
| Longitud Interior | l | L - (2* H / z) | 54.286 | m | |
| Volumen de Laguna | V | $\frac{H}{n} * (B (2L + l) + b (2 l + L))$ | 2403.599 | m ³ | |
| Período Retención | Pr | $\frac{V}{Q_m / N}$ | 12.884 | días | 7 - 20, Cumple |

| Canal de Pantallas Deflectoras | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|------------|---------|----------|-----------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Ancho de Canal | B _{disp} | B/n | 15.822 | m | |
| Longitud de Canal | L _{disp} | nL | 126.573 | m | |

| Borde Libre | | | | | |
|---|------------|----------------|--------|----------|-----------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Aumento de largo y Ancho del perimetraje superior (L y B) | BL | | 2.000 | m | |
| Ancho Total | Bt | B + BL | 33.643 | m | |
| Longitud Total | Lt | L + BL | 65.286 | m | |
| Altura Total | Ht | H + (BL * z) | 1.833 | m | |

| 1. Remocion de Materia Organica DBO5 | | | | | |
|--|-------------------------------|---|-----------|---------------------------|----------------------------|
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C | $K_{20^{\circ}C}$ | $\frac{Pr}{-14.77 + 4.46 * Pr}$ | 0.302 | d ⁻¹ | |
| Temperatura del Aire en el Mes más Frio. | T_{aire} | | 22.0 | °C | |
| Temperatura Superficial del Agua. | T_a | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25.6 | °C | |
| Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente | $K_d(T_a)$ | $K_{20^{\circ}C} * 1.06^{(T_a - 20^{\circ}C)}$ | 0.476 | d ⁻¹ | |
| a. Marais Chow | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| DBO Remanente en el Efluente | S | $\frac{S_o}{1 + (K_d * Pr)}$ | 3.732 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| Porcentaje Remanente de DBO5 en el Efluente | %S | $100 * (S / S_o)$ | 14.026 | % | |
| Porcentaje Removido DBO5 del Afluente | | $100 - \%S$ | 85.974 | % | |
| b. Cepis (Dr. Yáñez) | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Carga Superficial Aplicada de Lag. Facultativa Primaria | $CSA_{Lag. Fac. Prim.}$ | | 191.433 | Kg DBO ₅ /Ha*d | |
| Relación DBO _{total} /DBO _{Soluble} | | $DBO_{total}/DBO_{Soluble}$ | 2.10 | | Ver Cuadro D-3-2a al final |
| Carga Superficial Remanente en Lag. Facultativa Primaria | $CS_{reman. Lag. Fac. Prim.}$ | | 29.411 | Kg DBO ₅ /Ha*d | |
| Carga Superficial Aplicada (según CEPIS) | $CSA_{(CEPIS)}$ | $(DBO_{total}/DBO_{Soluble}) * CS_{reman. Lag. Fac. Prim.}$ | 62 | Kg DBO ₅ /Ha*d | < 150, Cumple |
| Carga Superficial Removida | CS_{remov} | $0.765 * CSA_{(CEPIS)} - 0.8$ | 46.448 | Kg DBO ₅ /Ha*d | |
| Carga Superficial Remanente | CS_{reman} | $CSA_{(CEPIS)} - CS_{remov}$ | 15.314 | Kg DBO ₅ /Ha*d | |
| Carga Total en el Efluente | $CTA_{efluente}$ | $CS_{reman} * A_t$ | 6.134 | Kg/día | |
| Concentración de DBO5 en el Efluente | S | $CTA_{efluente}/Q_m$ | 16.439 | mg/l | < 30 mg/lt, Cumple |
| c. Thirmurty | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Factor Geométrico | x | L_{disp}/B_{disp} | 8 | | |
| Factor de dispersión | d | $\frac{x}{-0.26118 + 0.25392 x + 1.01368 x^2}$ | 0.120 | | |
| Factor "a" de DBO5 | a | $\sqrt{1 + (4 * K_d (T_a) * d * Pr)}$ | 1.986 | | |
| DBO Remanente en el Efluente | S | $\frac{S_o * 4 * a * e^{(\frac{1-a}{2d})}}{(1+a)^2}$ | 0.114 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| Porcentaje Remanente DBO en el Efluente | %S | $100 * (S/S_o)$ | 1.468 | % | |
| Porcentaje Removido DBO del Afluente | | $100 - \%S$ | 98.532 | % | |
| 2. Remocion de Coliformes Fecales | | | | | |
| a. Marais Chow | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Coeficiente de Mortandad de Coliformes Fecales | Kb | $0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$ | 1.225 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | CFE | $\frac{CFA}{1 + Kb + Pr}$ | 1.20E+04 | NMP/100 ml | No Cumple |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | %CFE | $100 * (CFE / CFA)$ | 5.957 | % | |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente | | $100 - \%CFE$ | 94.043 | % | |
| c. Thirmurty | | | | | |
| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| Factor "a" | a | $\sqrt{1 + (4 * Kb * d * Pr)}$ | 2.929 | Adim | |
| Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | CFE | $\frac{CFA * 4 * a * e^{(\frac{1-a}{2d})}}{(1+a)^2}$ | 2.453E+00 | NMP/100ml | < 1.00E+3, Cumple |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente | %CFE | $100 * (CFE / CFA)$ | 0.001 | % | |
| Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente | | $100 - \%CFE$ | 99.999 | % | |

Presupuesto de la Red de Recolección.

| ETAPA | SUB ETAPA | DESCRIPCION | U/M | CANT | COSTO C\$ | |
|-------|-----------|--|----------------|-----------|-----------|----------------------|
| | | | | | UNIT | TOTAL |
| 1 | | PRELIMINARES | Glb | | | 143,830.7860 |
| | 1.1 | Limpieza Inicial | m ² | 102.10 | 12.1 | 1,235.36 |
| | 1.2 | Trazo y nivelacion | m | 10,454.21 | 13.64 | 142,595.42 |
| 2 | | SISTEMAS DE RECOLECTORAS | Glb | | | 8353,451.8758 |
| | 2.1 | TUBERIA DE 4" | | | | 579,794.16395 |
| | 2.1.1 | Excavacion,Relleno y compactación | m ³ | | | 186,373.62 |
| | 2.1.1.1 | Profundidad de 0.00 a 1.50 m | m ³ | 242.42 | 159.95 | 38,775.24 |
| | 2.1.1.2 | Profundidad de 1.50 a 2.00 m | m ³ | 463.51 | 164.45 | 76,224.55 |
| | 2.1.1.3 | Profundidad de 2.00 a 2.50 m | m ³ | 84.888 | 172.05 | 14,604.98 |
| | 2.1.1.4 | Profundidad de 2.50 a 3.00 m | m ³ | 54.604 | 190.25 | 10,388.41 |
| | 2.1.1.5 | Profundidad de 3.00 a 3.50 m | m ³ | 34.59 | 238.21 | 8239.6839 |
| | 2.1.1.6 | Profundidad de 3.50 a 4.00 m | m ³ | 0 | | 0 |
| | 2.1.1.7 | Profundidad de 4.00 a 4.50 m | m ³ | 0 | | 0 |
| | 2.1.1.8 | Profundidad de 4.50 a 5.000 m | m ³ | 0 | | 0 |
| | 2.1.1.9 | Profundidad de 5.00 a 5.50 m | m ³ | 41.26 | 319.65 | 13188.759 |
| | 2.1.1.10 | Profundidad de 5.50 a 6.00 m | m ³ | 68.27 | 365.49 | 24952.0023 |
| | 2.1.2 | Suministro e Instalacion | m | 1,556.56 | 240 | 373,574.40 |
| | 2.1.3 | Prueba de tuberías | m | 1,556.56 | 12.75 | 19,846.14 |
| | 2.2 | TUBERIA DE 6" | | | | 4891,072.68 |
| | | Excavacion,Relleno y compactación | m ³ | | | 2549,755.93 |
| | 2.2.1 | Profundidad de 0.00 a 1.50 m | m ³ | 168.30 | 175.95 | 29,611.15 |
| | 2.2.2 | Profundidad de 1.50 a 2.00 m | m ³ | 1575.60 | 180.90 | 285,017.89 |
| | 2.2.3 | Profundidad de 2.00 a 2.50 m | m ³ | 1311.67 | 188.38 | 247,086.50 |
| | 2.2.4 | Profundidad de 2.50 a 3.00 m | m ³ | 1085.37 | 210.98 | 228,992.23 |
| | 2.2.5 | Profundidad de 3.00 a 3.50 m | m ³ | 1353.28 | 217.01 | 293,672.69 |
| | 2.2.6 | Profundidad de 3.50 a 4.00 m | m ³ | 1262.87 | 242.74 | 306,546.34 |
| | 2.2.7 | Profundidad de 4.00 a 4.50 m | m ³ | 1509.67 | 308.83 | 466,223.88 |
| | 2.2.8 | Profundidad de 4.50 a 5.000 m | m ³ | 1176.42 | 327.20 | 384,917.39 |
| | 2.2.9 | Profundidad de 5.00 a 5.50 m | m ³ | 465.91 | 341.25 | 158,992.72 |
| | 2.2.10 | Profundidad de 5.50 a 6.00 m | m ³ | 407.01 | 365.33 | 148,695.15 |
| | 2.2.11 | Suministro e Instalacion | m | 7,970.44 | 280.00 | 2231,723.20 |
| | 2.2.12 | Prueba de tuberías | m | 7,970.44 | 13.75 | 109,593.55 |
| | 2.3 | TUBERIA DE 8" | | | | 113,226.81 |
| | | Excavacion,Relleno y compactación | m ³ | | | 33,228.67 |
| | 2.3.1 | Profundidad de 0.00 a 1.50 m | m ³ | 8.84 | 224.79 | 1,986.92 |
| | 2.3.2 | Profundidad de 1.50 a 2.00 m | m ³ | 40.45 | 245.89 | 9,945.76 |
| | 2.3.3 | Profundidad de 2.00 a 2.50 m | m ³ | 32.19 | 269.87 | 8,687.12 |
| | 2.3.4 | Profundidad de 2.50 a 3.00 m | m ³ | 43.56 | 289.46 | 12,608.88 |
| | 2.3.5 | Suministro e Instalacion | m | 128.78 | 600 | 77,268.00 |
| | 2.3.6 | Prueba de tuberías | m | 128.78 | 21.2 | 2,730.14 |
| 3 | | OBRAS PARA REGISTRO | Glb | | | 2231,800.9700 |
| | 3.1 | POZOS DE VISITA SANITARIO | | | | |
| | 3.1.2 | Profundidad de 1.50 a 2.00 m | c/u | 62 | 9,223.80 | 571,875.41 |
| | 3.1.3 | Profundidad de 2.00 a 2.50 m | c/u | 13 | 10,046.15 | 130,599.90 |
| | 3.1.4 | Profundidad de 2.50 a 3.00 m | c/u | 17 | 12,318.06 | 209,407.09 |
| | 3.1.5 | Profundidad de 3.00 a 3.50 m | c/u | 9 | 17,254.25 | 155,288.23 |
| | 3.1.6 | Profundidad de 3.50 a 4.00 m | c/u | 11 | 18,406.12 | 202,467.36 |
| | 3.1.7 | Profundidad de 4.00 a 4.50 m | c/u | 7 | 21,060.57 | 147,423.97 |
| | 3.1.8 | Profundidad de 4.50 a 5.000 m | c/u | 9 | 26,276.99 | 236,492.88 |
| | 3.1.9 | Profundidad de 5.00 a 5.50 m | c/u | 2 | 28,528.85 | 57,057.70 |
| | 3.1.10 | Profundidad de 5.50 a 6.00 m | c/u | 6 | 29,927.40 | 179,564.42 |
| | 3.1.11 | Profundidad de 6.00 a 6.50 m | c/u | 0 | 31,245.30 | 0.00 |
| | 3.1.12 | Profundidad de 6.50 a 7.00 m | c/u | 1 | 35,678.59 | 35,678.59 |
| | 3.1.13 | Profundidad de 7.00 a 7.50 m | c/u | 5 | 38,978.65 | 194,893.25 |
| | 3.2 | CAJA DE REGISTRO SANITARIO | | | | |
| | 3.2.1 | Profundidad de 0.00 a 1.50 m | c/u | 34 | 3,266.24 | 111,052.16 |

| | | | | | | |
|---|-------|---------------------------------------|----------------|------------|-----------|----------------------|
| 4 | | CONEXIONES DOMICILIARES | c/u | 748 | | 355,371.2400 |
| | 4.1 | A Colector de 4" | | | | 31,076.00 |
| | 4.1.1 | Conex.Cortas (0.0 -3.5 m) | c/u | 46 | 512 | 23,552.00 |
| | 4.1.2 | Conex.Largas (3.5-5.5 m) | c/u | 38 | 198 | 7,524.00 |
| | 4.2 | A Colector de 6" | | | | 320,380.00 |
| | 4.2.2 | Conex.Cortas (0.0 -3.5 m) | c/u | 412 | 640 | 263,680.00 |
| | 4.2.3 | Conex.Largas (3.5-5.5 m) | c/u | 252 | 225 | 56,700.00 |
| | 4.2 | CAJAS DE REGISTRO | | | | |
| | 4.2.1 | Cajas de Concreto | c/u | 748 | 3167.24 | 3,915.24 |
| 5 | | ROTURA Y REPOSICION DE CARPETA | | | | 2745,582.9456 |
| | 5.1 | Adoquinado | m ² | 4750.275 | 577.984 | 2745,582.95 |
| 6 | | MITIGACION DE IMPACTOS | | | | 27,500.0000 |
| | 6.1 | Medidas de prevencion de accidentes | Glb | 1 | 27,500.00 | 27,500.00 |
| 7 | | LIMPIEZA FINAL | m ² | 10,454.21 | 120 | 1254,505.2000 |

| | |
|--|------------------------|
| d) TOTAL | C\$15112,043.02 |
| e) Costo unitario directo | C\$15112,043.02 |
| f)Costo Unitario directo (15% d) | C\$2266,806.45 |
| g) costo unitario de administracion y utilidad (10% d) | C\$1511,204.30 |
| h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g) | C\$18890,053.77 |
| i)Impuesto a la Alcaldia (1% de h) | C\$188,900.54 |
| j) Impuesto general de Venta (15% de h+i) | C\$2861,843.15 |
| k) Precio de venta con impuesto (h+i+j) | C\$21940,797.46 |

PRESUPUESTO

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Preliminares

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO(C\$) | |
|-------|-----------|---|----------|-------------------|------------|------------------|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| 1.0 | | Limpieza inicial | | Global | | 52,430.00 |
| | 1.1 | limpieza General del Todo el Campo de Tratamiento | 919 | m ² | 10 | 9,190.00 |
| | 1.2 | Trazado y Nivelacion de Obras Preliminares | 920 | m | 17 | 15,640.00 |
| | 1.3 | Excavacion, Relleno y Compactacion | 184 | m ³ | 150 | 27,600.00 |
| 2.0 | | Construccion de Canal | | | | 3,428.56 |
| | 2.1 | Cemento | 3 | Bolsas | 271 | 813.00 |
| | 2.2 | Arena | 0.19 | m ³ | 700 | 133.00 |
| | 2.3 | Grava | 0.28 | m ³ | 900 | 252.00 |
| | 2.4 | Varilla de Acero 3/8" | 53.71 | lbs | 16.00 | 859.36 |
| | 2.5 | Varilla de Acero 1/4" | 37.6 | lbs | 16.00 | 601.60 |
| | 2.6 | Alambre Acero N0 18 | 2.7 | lbs | 25 | 67.50 |
| | 2.7 | Formaleta | 1.16 | m ² | 210 | 243.60 |
| | 2.8 | Mano de Obra | 1.31 | m ² | 350 | 458.50 |
| 3.0 | | Construccion de Reja | | | | 11,943.45 |
| | 3.1 | Cemento | 1.62 | Bolsas | 271 | 439.02 |
| | 3.2 | Arena | 0.223 | m ³ | 700 | 156.10 |
| | 3.3 | Grava | 0.244 | m ³ | 900 | 219.60 |
| | 3.4 | Varilla de Acero 3/8" | 13.568 | Lbs | 16 | 217.09 |
| | 3.5 | Varilla de Acero 1/4" | 11.84 | Lbs | 16 | 189.44 |
| | 3.6 | Platina Metalica 3/4" * 3/16" | 1.6 | Unidad | 800 | 1,280.00 |
| | 3.7 | Lamina Metalica 1/4" | 739.35 | pulg ² | 12.00 | 8,872.20 |
| | 3.8 | Electrodos Soldadores | 1 | Caja | 500 | 500.00 |
| | 3.9 | Mano de Obra | 1 | Unidad | 70 | 70.00 |
| 4.0 | | Construccion de Desarenador | | | | 48,343.88 |
| | 4.1 | Cemento | 35.65 | Bolsas | 271 | 9,661.15 |
| | 4.2 | Arena | 3.75 | m ³ | 700 | 2,625.00 |
| | 4.3 | Grava | 3.975 | m ³ | 900 | 3,577.50 |
| | 4.4 | Varilla de Acero 3/8" | 505.149 | Lbs | 16 | 8,082.38 |
| | 4.5 | Varilla de Acero 1/4" | 202.055 | Lbs | 16 | 3,232.88 |
| | 4.6 | Alambre Acero N0 18 | 35.3602 | Lbs | 25 | 884.01 |
| | 4.7 | Formaleta | 36.216 | m ² | 210 | 7,605.36 |
| | 4.8 | Mano de Obra | 36.216 | m ² | 350 | 12,675.60 |
| 5.0 | | Medidor Parshall | | | | 19,493.16 |
| | 5.1 | Cemento | 7 | Bolsas | 271 | 1,897.00 |
| | 5.2 | Arena | 0.45 | m ³ | 700 | 315.00 |
| | 5.3 | Grava | 0.91 | m ³ | 900 | 819.00 |
| | 5.4 | Varilla de Acero 3/8" | 38.89 | Lbs | 16 | 622.24 |
| | 5.5 | Varilla de Acero 1/4" | 27.22 | Lbs | 16 | 435.52 |
| | 5.6 | Formaleta | 1.74 | m ² | 210 | 365.40 |
| | 5.7 | Mano de Obra | 1.74 | m ² | 350 | 609.00 |
| | 5.8 | Medidor Parshall Prefabricado | 1 | Unidad | 14430 | 14,430.00 |

| | | | | | | |
|-----|------|---|---------|----------------|------|-------------------|
| 6.0 | | Caja de Recoleccion y Distribucion | | | | 9,978.90 |
| | 6.1 | Bloque (0.40*0.15*0.17) | 10 | Unidad | 15 | 150.00 |
| | 6.2 | Cemento | 12 | Bolsas | 271 | 3,252.00 |
| | 6.3 | Arena | 0.82 | m ³ | 700 | 574.00 |
| | 6.4 | Grava | 1.55 | m ³ | 900 | 1,395.00 |
| | 6.5 | Varilla de Acero 3/8" | 139.5 | lbs | 16 | 2,232.00 |
| | 6.6 | Varilla de Acero 1/4" | 83.7 | lbs | 16 | 1,339.20 |
| | 6.7 | Formaleta | 2.62 | m ² | 210 | 550.20 |
| | 6.8 | Mano de Obra | 1.39 | m ² | 350 | 486.50 |
| 7.0 | | Canal de Evacuacion de Agua | | | | 838,211.35 |
| | 7.1 | Cemento | 369.6 | Unidad | 271 | 100,161.60 |
| | 7.2 | Arena | 38.5 | m ³ | 700 | 26,950.00 |
| | 7.3 | Grava | 30.8 | m ³ | 900 | 27,720.00 |
| | 7.4 | Ladrillo Cuarteron | 7507 | Unidad | 6 | 45,042.00 |
| | 7.5 | Varilla de Acero 3/8" | 19038 | Lbs | 16 | 304,608.00 |
| | 7.6 | Varilla de Acero 1/4" | 17967 | Lbs | 16 | 287,472.00 |
| | 7.7 | Alambre Acero N0 18 | 1850.31 | Lbs | 25 | 46,257.75 |
| 8.0 | | Operación y Acabado | | | | 674,528.00 |
| | 8.1 | Malla Ciclon | 5 | Unidad | 2500 | 12,500.00 |
| | 8.2 | Tubo de Acero 4" Galvanizado | 265 | Unidad | 2020 | 535,300.00 |
| | 8.3 | Cemento | 57 | Bolsas | 271 | 15,447.00 |
| | 8.4 | Arena | 5.63 | m ³ | 700 | 3,941.00 |
| | 8.5 | Grava | 6.26 | m ³ | 900 | 5,634.00 |
| | 8.6 | Pierda Cantera | 940 | Unidad | 38 | 35,720.00 |
| | 8.7 | Varilla de Acero 3/8" | 1355 | Lbs | 16 | 21,680.00 |
| | 8.8 | Varilla de Acero 1/4" | 1873 | Lbs | 16 | 29,968.00 |
| | 8.9 | Alambre Acero N0 18 | 68 | Lbs | 25 | 1,700.00 |
| | 8.10 | Electrodos Soldadores | 10 | Caja | 500 | 5,000.00 |
| | 8.11 | Alambre de Puas | 5 | Unidad | 700 | 3,500.00 |
| | 8.12 | Aborizacion | 1 | Global | 2300 | 2,300.00 |
| | 8.13 | Limpieza Final | 919 | m ² | 2 | 1,838.00 |

| | |
|--|-----------------------|
| d) Costo Total Directo | C\$1658,357.30 |
| e) Costos Indirectos (15%* d) | C\$248,753.59 |
| f) Utilidades (10% *d) | C\$165,835.73 |
| g) Precios de venta sin impuesto (d+e+f) | C\$2072,946.62 |
| h) Impuesto de alcaldia (1% *g) | C\$20,729.47 |
| i) impuesto (15%*g+h) | C\$314,051.41 |
| j) Precio de venta con impuesto | C\$2407,727.50 |

Tanque Imhoff

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO(C\$) | |
|-------|-----------|---------------------------------|----------|----------------|------------|-------------------|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| 1.0 | | Mano de Obra | | | | 34,237.96 |
| | 1.1 | Trazado y Nivelacion | 38.65 | m | 35.00 | 1,352.75 |
| | 1.2 | Operador de Excavadora | 12.27 | Hrs | 38.00 | 466.15 |
| | 1.3 | Operador de Vibrocompactadora | 6.22 | Hrs | 38.00 | 236.44 |
| | 1.4 | Operador de Mezcladora | 216.68 | Hrs | 38.00 | 8,233.65 |
| | 1.5 | Operador de Compactadora Manual | 126.30 | Hrs | 30.00 | 3,788.97 |
| | 1.6 | Oficial Carpintero | 99.11 | Hrs | 42.00 | 4,162.73 |
| | 1.7 | Ayudante Carpintero | 99.11 | Hrs | 28.00 | 2,775.15 |
| | 1.8 | Ayudante Armador | 194.44 | Hrs | 28.00 | 5,444.25 |
| | 1.9 | Oficial Fontanero | 20.00 | Hrs | 42.00 | 840.00 |
| | 1.1 | Oficial Albañil | 99.11 | Hrs | 42.00 | 4,162.73 |
| | 1.11 | Ayudante Albañil | 99.11 | Hrs | 28.00 | 2,775.15 |
| 2.0 | | Materiales | | | | 789,707.04 |
| | 2.1 | Formaleta | 1,113.52 | m ² | 210.00 | 233,838.95 |
| | 2.2 | Cemento | 866.88 | Bolsas | 271.00 | 234,924.99 |
| | 2.3 | Arena | 71.86 | m ³ | 700.00 | 50,302.84 |
| | 2.4 | Grava | 104.98 | m ³ | 900.00 | 94,479.93 |
| | 2.5 | Varilla de Acero 3/8" | 538.16 | Lbs | 16.00 | 8,610.53 |
| | 2.6 | Varilla de Acero 1/2" | 8,813.42 | Lbs | 16.00 | 141,014.65 |
| | 2.7 | Varilla de Acero 5/8" | 4,313.29 | Lbs | 16.00 | 69,012.71 |
| | 2.8 | Alambre de Acero No 18 | 683.24 | Lbs | 25.00 | 17,081.09 |
| | 2.9 | Motobomba | 1.00 | Unidad | 60,500.00 | 60,500.00 |
| | 2.1 | Tubo PVC SDR 41 8" | 4.00 | Unidad | 1,820.00 | 7,280.00 |
| | 2.11 | Camisa 8" | 3.00 | Unidad | 842.00 | 2,526.00 |
| | 2.12 | Yee 8" | 1.00 | Unidad | 950.00 | 950.00 |
| | 2.13 | Codo 45 8" | 1.00 | Unidad | 200.00 | 200.00 |
| | 2.14 | Valvula de Pase 8" | 1.00 | Unidad | 10,000.00 | 10,000.00 |
| 3.0 | | Equipos | | | | 106,347.05 |
| | 3.1 | Vibrocompactadora | 6.34 | Hrs | 820.00 | 5,195.55 |
| | 3.2 | Mescladora | 145.80 | Hrs | 435.00 | 63,423.00 |
| | 3.3 | Compactadora Manual | 128.68 | Hrs | 30.00 | 3,860.46 |
| | 3.4 | Excavadora | 16.13 | Hrs | 2,100.00 | 33,868.04 |

| | |
|--|-----------------------|
| d) Costo Total Directo | C\$930,292.05 |
| e) Costos Indirectos (15%* d) | C\$139,543.81 |
| f) Utilidades (10% *d) | C\$93,029.21 |
| g) Precios de venta sin impuesto (d+e+f) | C\$1162,865.07 |
| h) Impuesto de alcaldia (1% *g) | C\$11,628.65 |
| i) impuesto (15%*g+h) | C\$176,174.06 |
| j) Precio de venta con impuesto | C\$1350,667.77 |

Lecho de Secado

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO(C\$) | |
|-------|-----------|---------------------------------|----------|----------------|------------|------------------|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| 1.0 | | Mano de Obra | | | | 10,387.26 |
| | 1.1 | Trazado y Nivelacion | 34.20 | m | 35 | 1,197.00 |
| | 1.2 | Operador del Tractor | 14.57 | Hrs | 38 | 553.63 |
| | 1.3 | Auxiliar de Operador Tractor | 14.57 | Hrs | 28 | 407.94 |
| | 1.4 | Operador de Carga Frontal | 8.76 | Hrs | 35 | 306.46 |
| | 1.5 | Operador de Camion Volquete | 43.56 | Hrs | 35 | 1,524.58 |
| | 1.6 | Operador de Mezcladora | 39.66 | Hrs | 35 | 1,388.12 |
| | 1.7 | Ayudante de Excavacion | 15.38 | Hrs | 28 | 430.60 |
| | 1.8 | Oficial Albañil | 8.78 | Hrs | 42 | 368.68 |
| | 1.9 | Ayudante Albañil | 8.78 | Hrs | 28 | 245.78 |
| | 1.1 | Oficial Fontanero | 18.24 | Hrs | 42 | 766.08 |
| | 1.11 | Ayudante Fontanero | 18.24 | Hrs | 28 | 510.72 |
| | 1.12 | Oficial Armador | 29.62 | Hrs | 42 | 1,243.92 |
| | 1.13 | Ayudante Armador | 29.62 | Hrs | 28 | 829.28 |
| | 1.14 | Oficial Carpintero | 8.78 | Hrs | 42 | 368.68 |
| | 1.15 | Ayudante Carpintero | 8.78 | Hrs | 28 | 245.78 |
| 2.0 | | Materiales | | | | 94,740.61 |
| | 2.1 | Cemento | 55.86 | Bolsas | 271 | 15,138.06 |
| | 2.2 | Arena | 4.41 | m ³ | 700 | 3,088.26 |
| | 2.3 | Grava | 6.74 | m ³ | 900 | 6,063.66 |
| | 2.4 | Hormigon Rojo Semi-Cribado | 4.77 | m ³ | 1300 | 6,194.76 |
| | 2.6 | lo Rojo Cuarteron(23 cm*5 cm*11 | 1,694.04 | Unidad | 6 | 10,164.24 |
| | 2.7 | Varilla de Acero 3/8" | 2,047.44 | Lbs | 16 | 32,759.04 |
| | 2.8 | Alambre Amarre No18 | 102.37 | Lbs | 16 | 1,637.95 |
| | 2.9 | Formaleta | 56.27 | m ² | 350 | 19,694.64 |
| 3.0 | | Equipos | | | | 90,323.28 |
| | 3.1 | Tractor de Oruga | 16.19 | Hrs | 1800 | 29,138.40 |
| | 3.2 | Cargador Frontal | 9.74 | Hrs | 1350 | 13,143.06 |
| | 3.3 | Camion Volquete | 43.56 | Hrs | 820 | 35,718.71 |
| | 3.4 | Mezcladora | 28.33 | Hrs | 435 | 12,323.12 |

| | |
|--|----------------------|
| d) Costo Total Directo | C\$195,451.15 |
| e) Costos Indirectos (15%* d) | C\$29,317.67 |
| f) Utilidades (10% *d) | C\$19,545.12 |
| g) Precios de venta sin impuesto (d+e+f) | C\$244,313.94 |
| h) Impuesto de alcaldia (1% *g) | C\$2,443.14 |
| i) impuesto (15%*g+h) | C\$37,013.56 |
| j) Precio de venta con impuesto | C\$283,770.64 |

Biofiltros

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO(C\$) | |
|-------|-----------|-------------------------------------|----------|----------------|------------|--------------------|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| 1.0 | | Mano de Obra | | | | 99,456.81 |
| | 1.1 | Trazado y Nivelacion | 412.60 | m | 35 | 14,441.00 |
| | 1.2 | Operador y Tractor | 87.56 | Hrs | 35 | 3,064.45 |
| | 1.3 | Auxiliar de Operador Tractor | 87.56 | Hrs | 28 | 2,451.56 |
| | 1.4 | Operador de Carga Frontal | 123.56 | Hrs | 35 | 4,324.76 |
| | 1.5 | Operador de Camion Volquete | 173.19 | Hrs | 35 | 6,061.48 |
| | 1.6 | Operador de Motoniveladora | 83.81 | Hrs | 35 | 2,933.23 |
| | 1.7 | Auxiliar de Operador Motoniveladora | 83.81 | Hrs | 28 | 2,346.59 |
| | 1.8 | Operador de Compactadora | 120.13 | Hrs | 35 | 4,204.45 |
| | 1.9 | Operador de Cisterna | 67.10 | Hrs | 35 | 2,348.58 |
| | 1.11 | Operador de Mezcladora | 0.60 | Hrs | 35 | 21.07 |
| | 1.12 | Ayudante de Excavacion | 87.56 | Hrs | 28 | 2,451.56 |
| | 1.13 | Oficial Albañil | 739.19 | Hrs | 42 | 31,045.83 |
| | 1.14 | Ayudante Albañil | 739.19 | Hrs | 28 | 20,697.22 |
| | 1.15 | Oficial Fontanero | 17.51 | Hrs | 42 | 735.61 |
| | 1.16 | Ayudante Fontanero | 17.51 | Hrs | 28 | 490.40 |
| | 1.17 | Oficial Aramdor | 26.27 | Hrs | 42 | 1,103.41 |
| | 1.18 | Ayudante Armador | 26.27 | Hrs | 28 | 735.61 |
| 2.0 | | Materiales | | | | 2837,882.94 |
| | 2.1 | Piedra Volcanica | 182.81 | m ³ | 480 | 87,747.39 |
| | 2.2 | Hormigon Rojo Sin-Cribar | 322.20 | m ³ | 430 | 138,544.20 |
| | 2.3 | Geomembrana | 8,541.58 | m ² | 300 | 2562,473.35 |
| | 2.4 | Tubo PVC SDR 41 6" | 17.00 | Unidad | 1550 | 26,350.00 |
| | 2.5 | Tee PVC SDR 41 6" | 2.00 | Unidad | 300 | 600.00 |
| | 2.6 | Cemento | 10.00 | Unidad | 271 | 2,710.00 |
| | 2.7 | Arena | 0.98 | m ³ | 700 | 686.00 |
| | 2.8 | Grava | 1.30 | m ³ | 900 | 1,170.00 |
| | 2.9 | Ladrillo de 2*4*12 | 382.00 | Unidad | 6 | 2,292.00 |
| | 2.1 | Varilla de Acero 1/4" | 11.00 | lbs | 16 | 176.00 |
| | 2.11 | Varilla de Acero 3/8" | 35.00 | lbs | 16 | 560.00 |
| | 2.12 | Alambre de Amarre No18 | 2.00 | lbs | 25 | 50.00 |
| | 2.13 | Brida 6" | 2.00 | Unidad | 180 | 360.00 |
| | 2.14 | Tapon 6" | 4.00 | Unidad | 400 | 1,600.00 |
| | 2.15 | Manguera flexible 6" | 1.00 | m | 80 | 80.00 |
| | 2.16 | Cesped de Carrizo | 6,242.00 | Unidad | 2 | 12,484.00 |
| 3.0 | | Equipos | | | | 685,437.94 |
| | 3.1 | Tractor de Oruga | 104.10 | Hrs | 1800 | 187,382.71 |
| | 3.2 | Cargador Frontal | 123.56 | Hrs | 1350 | 166,811.99 |
| | 3.3 | Camion Volquete | 173.19 | Hrs | 820 | 142,011.75 |
| | 3.4 | Motoniveladora | 83.81 | Hrs | 820 | 68,721.44 |
| | 3.5 | Compactadora | 120.13 | Hrs | 560 | 67,273.09 |
| | 3.6 | Camion Cisterna | 67.10 | Hrs | 790 | 53,010.76 |
| | 3.7 | Mezcladora | 0.52 | Hrs | 435 | 226.20 |

| | |
|--|------------------------|
| d) Costo Total Directo | C\$7245,555.38 |
| e) Costos Indirectos (15%* d) | C\$1086,833.31 |
| f) Utilidades (10% *d) | C\$724,555.54 |
| g) Precios de venta sin impuesto (d+e+f) | C\$9056,944.22 |
| h) Impuesto de alcaldia (1% *g) | C\$90,569.44 |
| i) impuesto (15%*g+h) | C\$1372,127.05 |
| j) Precio de venta con impuesto | C\$10519,640.72 |

Laguna Facultativa

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO(C\$) | |
|-------|-----------|------------------------------|----------|----------------|------------|--------------------|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| 1.00 | | Laguna Facultativa | 2.00 | | | 2348,440.35 |
| | 1.10 | Excavacion | 8,516.69 | m ³ | 65.00 | 553,584.85 |
| | 1.20 | Cemento | 928.72 | Unidad | 271.00 | 251,683.07 |
| | 1.30 | Arena | 68.97 | m ³ | 700.00 | 48,279.00 |
| | 1.40 | Grava | 119.37 | m ³ | 900.00 | 107,433.00 |
| | 1.50 | Botado Tierra | 9,361.83 | m ³ | 120.00 | 1,123,419.12 |
| | 1.60 | Acabado | 4,130.08 | m ² | 4.00 | 16,520.31 |
| | 1.70 | Geomembrana | 825.07 | m ² | 300.00 | 247,521.00 |
| 2.00 | | Mano de Obra | | | | 67,940.27 |
| | 2.10 | Operador de Tractor | 138.44 | Hrs | 35.00 | 4,845.51 |
| | 2.20 | Auxiliar de Operador Tractor | 138.44 | Hrs | 28.00 | 3,876.41 |
| | 2.30 | Operador de Mezcladora | 37.91 | Hrs | 35.00 | 1,326.86 |
| | 2.40 | Operador de Carga Frontal | 151.06 | Hrs | 35.00 | 5,287.03 |
| | 2.50 | Operador de Camion Volquete | 279.41 | Hrs | 35.00 | 9,779.52 |
| | 2.60 | Oficial Albañil | 630.74 | Hrs | 42.00 | 26,491.08 |
| | 2.70 | Ayudante Albañil | 630.74 | Hrs | 28.00 | 17,660.72 |
| 3.00 | | Equipos | | | | 682,246.25 |
| | 3.10 | Tractor de Oruga | 138.44 | Hrs | 1,800.00 | 249,197.72 |
| | 3.20 | Cargador Frontal | 151.06 | Hrs | 1,350.00 | 203,928.27 |
| | 3.30 | Mezcladora | 37.91 | Hrs | 435.00 | 16,490.93 |
| | 3.40 | Camion Volquete | 279.41 | Hrs | 820.00 | 229,120.26 |

| | |
|--|-----------------------|
| d) Costo Total Directo | C\$6197,253.73 |
| e) Costos Indirectos (15%* d) | C\$929,588.06 |
| f) Utilidades (10% *d) | C\$619,725.37 |
| g) Precios de venta sin impuesto (d+e+f) | C\$7746,567.16 |
| h) Impuesto de alcaldia (1% *g) | C\$77,465.67 |
| i) impuesto (15%*g+h) | C\$1173,604.92 |
| j) Precio de venta con impuesto | C\$8997,637.75 |

Laguna Aerobia Terciaria

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO(C\$) | |
|-------|-----------|------------------------------|----------|----------------|------------|--------------------|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| 4.00 | | Laguna Aerobia | | | | 2899,360.00 |
| | 4.10 | Exacavacion | 6,500.00 | m ³ | 65.00 | 422,500.00 |
| | 4.20 | Cemento | 520.00 | Unidad | 271.00 | 140,920.00 |
| | 4.30 | Arena | 49.00 | m ³ | 700.00 | 34,300.00 |
| | 4.40 | Grava | 85.00 | m ³ | 900.00 | 76,500.00 |
| | 4.50 | Botado Tierra | 7,600.00 | m ³ | 120.00 | 912,000.00 |
| | 4.60 | Acabado | 4,285.00 | m ² | 4.00 | 17,140.00 |
| | 4.70 | Geomembrana | 4,320.00 | m ² | 300.00 | 1296,000.00 |
| 5.00 | | Mano de Obra | | | | 47,682.46 |
| | 5.10 | Operador de Tractor | 69.72 | Hrs | 35.00 | 2,440.20 |
| | 5.20 | Auxiliar de Operador Tractor | 69.72 | Hrs | 28.00 | 1,952.16 |
| | 5.30 | Operador de Mezcladora | 30.26 | Hrs | 35.00 | 1,059.10 |
| | 5.40 | Operador de Carga Frontal | 82.66 | Hrs | 35.00 | 2,893.10 |
| | 5.50 | Operador de Camion Volquete | 138.20 | Hrs | 35.00 | 4,837.00 |
| | 5.60 | Oficial Albañil | 508.00 | Hrs | 42.00 | 21,336.00 |
| | 5.70 | Ayudante Albañil | 508.00 | Hrs | 28.00 | 14,224.00 |
| 6.00 | | Equipos | | | | 362,674.10 |
| | 6.10 | Tractor de Oruga | 69.22 | Hrs | 1,800.00 | 124,596.00 |
| | 6.20 | Cargador Frontal | 82.66 | Hrs | 1,350.00 | 111,591.00 |
| | 6.30 | Camion Volquete | 138.20 | hrs | 820.00 | 113,324.00 |
| | 6.40 | Mezcladora | 30.26 | Hrs | 435.00 | 13,163.10 |

| | |
|--|-----------------------|
| d) Costo Total Directo | C\$3309,716.56 |
| e) Costos Indirectos (15%* d) | C\$496,457.48 |
| f) Utilidades (10% *d) | C\$330,971.66 |
| g) Precios de venta sin impuesto (d+e+f) | C\$4137,145.70 |
| h) Impuesto de alcaldia (1% *g) | C\$41,371.46 |
| i) impuesto (15%*g+h) | C\$626,777.57 |
| j) Precio de venta con impuesto | C\$4805,294.73 |

ESTUDIO DE SUELO

Contenido natural del agua (Humedad)

El contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en la muestra al momento de efectuar el ensaye, relacionado al peso de su fase sólida.

Una vez obtenidas las 4 muestras del campo y debidamente identificadas, se procedió a obtener el peso de las taras a utilizar y una muestra representativa del suelo para evaluar sus porcentajes de humedad. El cual dio como resultado la siguiente tabla.

Peso tara + muestra húmeda

| Muestra | Tara | Peso Tara (gr) | Peso de Tara + Muestra (gr) |
|---------|-------|----------------|-----------------------------|
| H-V-1 | A-42 | 21.5 | NP |
| | A-R | 28.5 | NP |
| M-1 | A-33 | 21.5 | 38.1 |
| | H-17 | 21.8 | 37.5 |
| | R-128 | 21.3 | 32.3 |
| M-189 | B-02 | 21.4 | 31.5 |
| | R-108 | 21.6 | 33.6 |
| M-X | B-04 | 21.4 | 29.3 |
| | D-132 | 21.8 | 31.6 |

Una vez obtenido los pesos, las muestras fueron ingresadas al horno por 24 horas a una temperatura de 110°C. Una vez Transcurrido ese período de tiempo, se procedió a pesar nuevamente las taras. Dando los siguientes resultados

Peso tara + muestra seca

| Muestra | Tara | Peso Tara (gr) | Peso de Tara + Muestra(gr) |
|---------|-------|----------------|----------------------------|
| H-V-1 | A-42 | 21.5 | NP |
| | A-R | 28.5 | NP |
| M-1 | A-33 | 21.5 | 32.7 |
| | H-17 | 21.8 | 32.4 |
| | R-128 | 21.3 | 28.8 |
| M-189 | B-02 | 21.4 | 30.4 |
| | R-108 | 21.6 | 33.6 |
| M-X | B-04 | 21.4 | 26.5 |
| | D-132 | 21.8 | 28.2 |

Para el cálculo de los porcentajes de humedad, fue necesario obtener los pesos de las muestras sin tara. Como se muestran a continuación.

| Muestra | Tara | Peso Tara (gr) | Profundida (m) | Peso de Tara - Muestra(gr) | |
|---------|-------|----------------|----------------|----------------------------|------|
| | | | | Humedo | Seco |
| H-V-1 | A-42 | 21.5 | 1.2 | NP | |
| | A-R | 28.5 | 1.2 | NP | |
| M-1 | A-33 | 21.5 | 1.8 | 16.6 | 11.2 |
| | H-17 | 21.8 | 1.8 | 15.7 | 10.6 |
| | R-128 | 21.3 | 1.8 | 11 | 7.5 |
| M-189 | B-02 | 21.4 | 1.2 | 10.1 | 9 |
| | R-108 | 21.6 | 1.2 | 12 | 12 |
| M-X | B-04 | 21.4 | 1.75 | 7.9 | 5.1 |
| | D-132 | 21.8 | 1.75 | 9.8 | 9.8 |

Logrando así los porcentajes de humedad.

Porcentajes de humedad de las muestras

| Muestra | Tara | Peso Tara (gr) | Profundidad (m) | %W |
|---------|-------|----------------|-----------------|-------|
| H-V-1 | A-42 | 21.5 | 1.2 | NP |
| | A-R | 28.5 | 1.2 | NP |
| M-1 | A-33 | 21.5 | 1.8 | 48.21 |
| | H-17 | 21.8 | 1.8 | 48.11 |
| | R-128 | 21.3 | 1.8 | 46.66 |
| M-189 | B-02 | 21.4 | 1.2 | 36.48 |
| | R-108 | 21.6 | 1.2 | 36.36 |
| M-X | B-04 | 21.4 | 1.75 | 54.94 |
| | D-132 | 21.8 | 1.75 | 53.12 |

6.8.3 Determinación del Análisis Granulométrico de los Suelos (Método Mecánico). (ASTM D-422)

Para determinar el tamaño de los granos del suelo, se realizó a través del método mecánico, consistió en cribar el suelo por medio de los tamices 3/4", 1/2", 3/8", No.4 No.10, No.40, llegando hasta la malla N°200 (0.074 mm), los pesos retenidos en cada malla se pesaron, obteniendo así el porcentaje en peso con respecto a la muestra total.

En este estudio se requirió el cálculo de los coeficientes de curvatura y uniformidad para los suelos gruesos y determinar su clasificación, para ello se necesita construir la curva de distribución granulométrica, pero estos datos solo pueden ser calculados cuando los porcentajes pasan del 60, 30 y 10%. Esta gráfica se dibuja con los porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas.

Se obtuvieron como primer paso los pesos del material mayor al tamiz N° 4.

Análisis mecánico con material mayor que el tamiz No 4.

| Tamiz No. | Muestra H-V-1 PRP (gr) | Muestra M-1 PRP (gr) | Muestra M-189 PRP (gr) | Muestra MX PRP (gr) |
|-----------|------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| 3/4" | 128 | 65 | 30 | 0 |
| 1/2" | 68 | 132 | 30 | 47 |
| 3/8" | 47 | 117 | 31 | 26 |
| No.4 | 124 | 177 | 169 | 59 |
| Pasa No.4 | 587 | 546 | 725 | 653 |
| SUMA | 954 | 1037 | 985 | 785 |

Los resultados obtenidos por cada muestra.

Muestra H-V-1- Material grueso

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 3/4" | 128 | 13 | 13 | 87 |
| 1/2" | 68 | 7 | 20 | 80 |
| 3/8" | 47 | 5 | 25 | 75 |
| No. 4 | 124 | 13 | 38 | 65 |
| pasa No. 4 | 587 | 62 | 100 | 0 |
| SUMA | 954 | 100 | | |

Muestra M-1 – Material grueso

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 3/4" | 65 | 6 | 6 | 94 |
| 1/2" | 132 | 13 | 19 | 81 |
| 3/8" | 117 | 11 | 30 | 70 |
| No. 4 | 177 | 17 | 47 | 53 |
| pasa No. 4 | 546 | 53 | 100 | 0 |
| SUMA | 1037 | 100 | | |

Muestra M-189- Material grueso

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 3/4" | 30 | 3 | 3 | 97 |
| 1/2" | 30 | 3 | 6 | 94 |
| 3/8" | 31 | 3 | 9 | 91 |
| No. 4 | 169 | 17 | 26 | 74 |
| pasa No. 4 | 725 | 74 | 100 | 0 |
| SUMA | 985 | 100 | | |

Muestra MX- Material Grueso

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 3/4" | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/2" | 47 | 6 | 6 | 94 |
| 3/8" | 26 | 3 | 9 | 91 |
| No. 4 | 59 | 8 | 17 | 83 |
| pasa No. 4 | 653 | 83 | 100 | 0 |
| SUMA | 785 | 100 | | |

Se obtuvieron los pesos del material menor al tamiz N° 4, con un valor en peso representativo de cada muestra. Después haber saturado las muestras por 24 horas y lavarlas en el tamiz N° 200 para luego ser sometidas a una temperatura de 100°C por 24 horas.

Peso sucio y lavado de las muestras

| Observacion | Muestra H-V-1 | Muestra M-1 | Muestra M-189 | Muestra MX |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|------------|
| Ws sucio (gr) | 954 | 1037 | 985 | 785 |
| Ws lavad seco (gr) | 104.2 | 106.8 | 103.3 | 108 |

Análisis mecánico con material menor que el tamiz N° 4

| Tamiz No. | Muestra H-V-1 PRP(gr) | Muestra | Muestra | Muestra |
|---------------|-----------------------|----------|----------|----------|
| | H-V-1 | M-1 | M-189 | MX |
| | PRP (gr) | PRP (gr) | PRP (gr) | PRP (gr) |
| 10 | 7.4 | 9.8 | 20.7 | 0.9 |
| 40 | 22.3 | 17.4 | 25.2 | 2.6 |
| 200 | 21.6 | 24.1 | 15.4 | 6.3 |
| Pasa la # 200 | 52.9 | 55.5 | 42 | 98.2 |
| SUMA | 104.2 | 106.8 | 103.3 | 108 |

Los resultados obtenidos por cada muestra se detallan a continuación.

Muestra H-V-1- Material Fino

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 10 | 7.4 | 4 | 4 | 58 |
| 40 | 22.3 | 13 | 17 | 45 |
| 200 | 21.6 | 13 | 30 | 32 |
| pasa No. 200 | 52.9 | 32 | 62 | 0 |
| SUMA | 104.2 | 62 | | |

Muestra M-1-Material Fino

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 10 | 9.8 | 5 | 5 | 48 |
| 40 | 17.4 | 9 | 14 | 39 |
| 200 | 24.1 | 12 | 26 | 27 |
| Pasa No. 200 | 55.5 | 27 | 53 | 0 |
| SUMA | 106.8 | 53 | | |

Muestra 189- Material Fino

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 10 | 20.7 | 15 | 15 | 59 |
| 40 | 25.2 | 18 | 33 | 41 |
| 200 | 15.4 | 11 | 44 | 30 |
| Pasa No. 200 | 42 | 30 | 74 | 0 |
| SUMA | 103.3 | 74 | | |

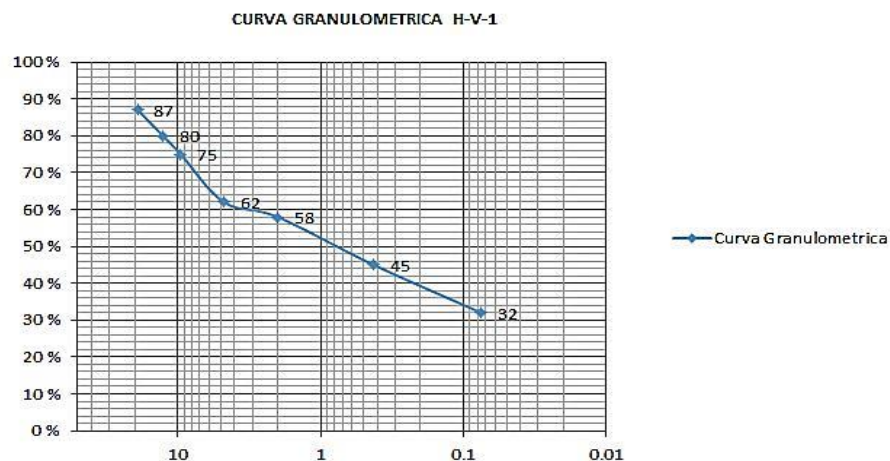
Muestra MX- Material Fino

| Tamiz No. | Peso Retenido Parcial (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que pasa por el Tamiz |
|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 10 | 0.9 | 1 | 1 | 82 |
| 40 | 2.6 | 2 | 3 | 80 |
| 200 | 6.3 | 5 | 8 | 75 |
| Pasa No. 200 | 98.2 | 75 | 83 | 0 |
| SUMA | 108 | 83 | | |

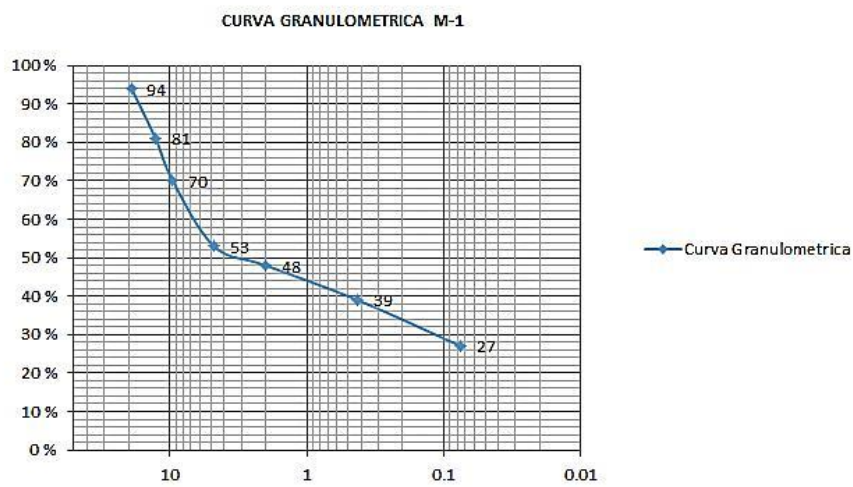
Se efectuó la presentación gráfica de los resultados obtenidos por medio de la curva granulométrica, con el fin de encontrar la coeficiente uniformidad del suelo, así como el coeficiente de curvatura, sin embargo el predominio de material fino en las muestras alcanzo valores mucho mayores al 50% de material que pasa por la malla N°200, por lo que se procedió a la clasificación de los suelos de granos finos a través de la carta de plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Para una mejor visualización de lo anteriormente expuesto, a continuación se presentas las curvas correspondientes para cada estrato del sondeo, la curva representa la relación del porcentaje que pasa los tamices vs tamaño de la partícula en mm.

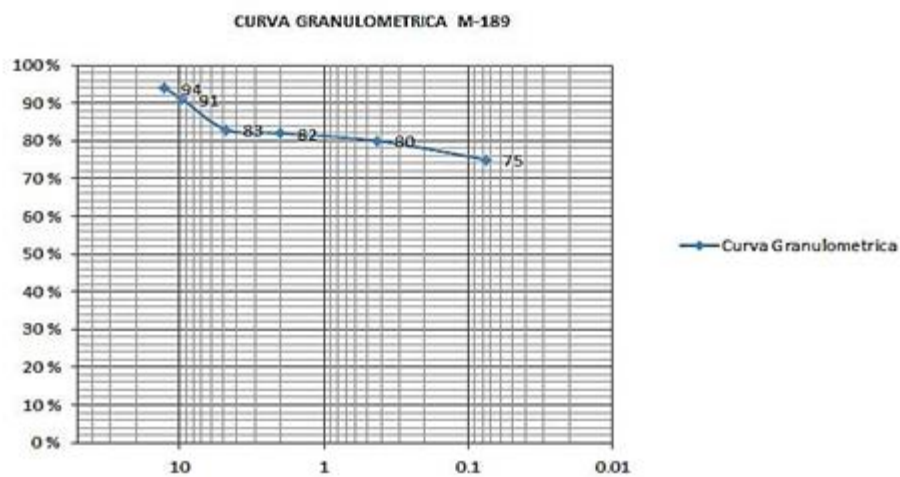
Curva granulométrica –Muestra 1



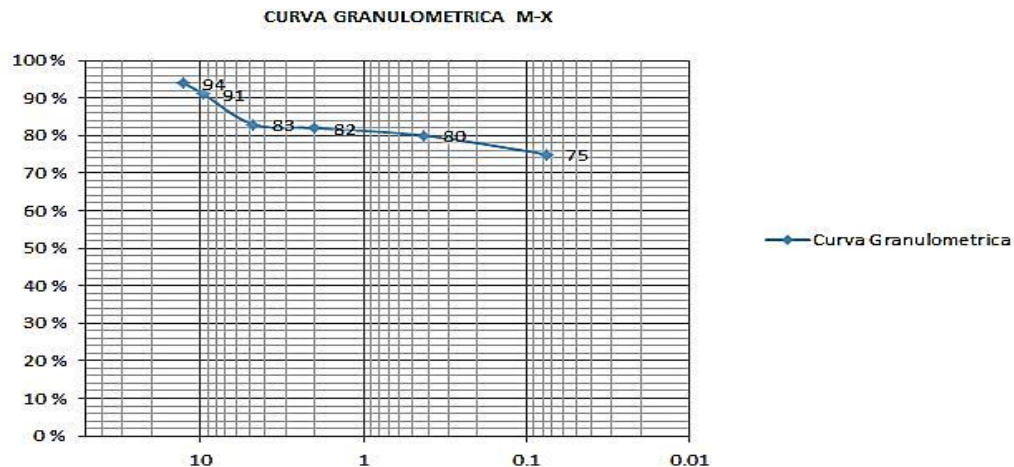
Curva Granulométrica –Muestra 2



Curva Granulométrica –Muestra 3



Curva Granulométrica –Muestra 4



6.8.4 Determinación de los Límites de Consistencia o de Atterbeg de los Suelos. (ASTM D 4318)

6.8.4.1 Limite Líquido

Para la determinación del límite líquido se realizó el ensaye de laboratorio utilizando la copa de Casagrande, obteniendo los siguientes resultados.

Limite líquido de las muestras

| Muestra | Tara | W Tara (gr) | Wh (T+M) (gr) | Ws (T+M) (gr) | No. Golpes | Wh Muestra | Ws Muestra | %W | LL | | |
|---------|-------|-------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|-------|-------|-------|--|
| H-V-1 | A-42 | 21.5 | NP | NP | | NP | | NP | | | |
| H-V-1 | A-R | 21.8 | NP | NP | | NP | | NP | | | |
| M-1 | A-33 | 21.5 | 38.1 | 32.7 | 12 | 16.6 | 11.2 | 48.21 | 44.11 | 46.26 | |
| M-1 | H-17 | 21.8 | 37.5 | 32.4 | 22 | 15.7 | 10.6 | 48.11 | 47.38 | | |
| M-1 | R-128 | 21.3 | 32.3 | 28.8 | 28 | 11 | 7.5 | 46.66 | 47.31 | | |
| M-189 | B-02 | 21.4 | 31.5 | 28.8 | 22 | 10.1 | 9 | 36.48 | 35.93 | 36.3 | |
| M-189 | R-108 | 21.6 | 33.6 | 30.4 | 27 | 12 | 12 | 36.36 | 36.68 | | |
| M-X | B-04 | 21.4 | 29.3 | 26.5 | 23 | 7.9 | 5.1 | 54.9 | 54.35 | 54.1 | |
| M-X | D-132 | 21.8 | 31.6 | 28.2 | 28 | 9.8 | 9.8 | 53.12 | 53.86 | | |

Limite líquido- Muestra M-1

| Limite Liquido M-1 | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| No de Golpes (N) | 12 | 22 | 28 | |
| Tara No | A-33 | H-17 | R-128 | |
| PW + Tara: (1) | 38.1 | 37.5 | 32.3 | |
| PS + Tara: (2) | 32.7 | 32.4 | 28.8 | |
| Agua : (1)-(2): (3) | 5.4 | 5.1 | 3.5 | |
| Peso de Tara: (4) | 21.5 | 21.8 | 21.3 | |
| PS: (2)-(4): (5) | 11.2 | 10.6 | 7.5 | |
| % de agua:(100)*(3)/(5): (6) | 48.21 | 48.11 | 46.66 | |
| Factor(K): | 0.915 | 0.985 | 1.014 | |
| Limite Liquido:(6)*(K) | 44.11 | 47.38 | 47.31 | 46.26 |

Limite líquido – Muestra M-189

| Limite Liquido M-189 | | | |
|------------------------------|-------|-------|------|
| No de Golpes (N) | 22 | 27 | |
| Tara No | B-02 | R-108 | |
| PW + Tara: (1) | 31.5 | 33.6 | |
| PS + Tara: (2) | 28.8 | 30.4 | |
| Agua : (1)-(2): (3) | 2.7 | 3.2 | |
| Peso de Tara: (4) | 21.4 | 21.6 | |
| PS: (2)-(4): (5) | 7.4 | 8.8 | |
| % de agua:(100)*(3)/(5): (6) | 36.48 | 36.36 | |
| Factor(K): | 0.985 | 1.009 | |
| Limite Liquido:(6)*(K) | 35.93 | 36.68 | 36.3 |

Límite líquido – Muestra M-X

| Limite Liquido M-X | | | |
|------------------------------|-------|-------|------|
| No de Golpes (N) | 23 | 28 | |
| Tara No | B-04 | D-132 | |
| PW + Tara: (1) | 29.3 | 31.6 | |
| PS + Tara: (2) | 26.5 | 28.2 | |
| Agua : (1)-(2): (3) | 2.8 | 3.4 | |
| Peso de Tara: (4) | 21.4 | 21.8 | |
| PS: (2)-(4): (5) | 5.1 | 6.4 | |
| % de agua:(100)*(3)/(5): (6) | 54.9 | 53.12 | |
| Factor(K): | 0.99 | 1.014 | |
| Limite Liquido:(6)*(K) | 54.35 | 53.86 | 54.1 |

6.8.5 Limite Plástico

Para este ensaye los rollos de 3mm no fueron posibles formarlos, ya que el suelo se agrietaba muy fácilmente al rodarlo con la mano sobre la superficie absorbente por la poca plasticidad de las muestras. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Resultado Límite plástico de las muestras

| MUESTRA | TARA | WTara (gr) | Wh (T+M) (gr) | Ws (T+M) (gr) | Wh Muestra | Ws Muestra | %W | Δ%W | LP | LP |
|---------|-------|------------|---------------|---------------|------------|------------|-------|------|-------|--------|
| H-V-1 | R-111 | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| H-V-1 | A-21 | | | | | | | | | |
| M-1 | H-10 | 21.4 | 32.8 | 29.9 | 11.4 | 8.5 | 34.12 | 0.54 | 34.11 | 34.38 |
| M-1 | A-111 | 21.6 | 35.2 | 31.7 | 13.6 | 10.1 | 34.65 | | 34.65 | |
| M-189 | R-122 | 21.5 | 45.6 | 40.9 | 24.1 | 19.4 | 24.23 | 0.82 | 24.22 | 23.81 |
| M-189 | A-13 | 21.8 | 39.2 | 35.9 | 17.4 | 14.1 | 23.4 | | 23.4 | |
| M-X | A-39 | 21.6 | 39.2 | 34.7 | 17.6 | 13.1 | 34.35 | 2.21 | 34.35 | 33.245 |
| M-X | R-101 | 21.4 | 36.2 | 32.6 | 14.8 | 11.2 | 32.14 | | 32.14 | |

Límite plástico de las muestras M-1

| Limite Plastico M-1 | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Tara No | | H-10 | H-111 |
| PW + Tara: | (8) | 32.8 | 35.2 |
| PS + Tara: | (9) | 29.9 | 31.7 |
| Agua : (8)-(9): | (10) | 2.9 | 3.5 |
| Peso de Tara: | (11) | 21.4 | 21.6 |
| PS: (9)-(11): | (12) | 8.5 | 10.1 |
| Limite plastico:(100)*(10) / (12) | | 34.11 | 34.65 |

Límite plástico de las muestras M-189

| Limite Plastico | | | |
|-----------------------------------|------|-------|------|
| Tara No | | R-122 | A-13 |
| PW + Tara: | (8) | 45.6 | 39.2 |
| PS + Tara: | (9) | 40.9 | 35.9 |
| Agua : (8)-(9): | (10) | 4.7 | 3.3 |
| Peso de Tara: | (11) | 21.5 | 21.8 |
| PS: (9)-(11): | (12) | 19.4 | 14.1 |
| Limite plastico:(100)*(10) / (12) | | 24.22 | 23.4 |

Limite plástico de la muestra M-X

| Limite Plastico | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Tara No | | A-39 | R-101 |
| PW + Tara: | (8) | 39.2 | 36.2 |
| PS + Tara: | (9) | 34.7 | 32.6 |
| Agua : (8)-(9): | (10) | 4.5 | 3.6 |
| Peso de Tara: | (11) | 21.6 | 21.4 |
| PS: (9)-(11): | (12) | 13.1 | 11.2 |
| Limite plastico:(100)*(10) / (12) | | 34.35 | 32.14 |

6.8.6 Índice de Plasticidad

Una vez obtenidos los Límites Líquidos y Plásticos, al calcular su diferencia esta corresponde al Índice de Plasticidad. A continuación se describe el correspondiente a cada muestra encontrada en el campo.

Resultado –Muestra M-1

| Resultados | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| Limite Liquido (%) | Limite Plastico (%) | Indice Plastico (%) |
| 46.26 | 34.36 | 11.9 |

Resultado –Muestra M-189

| Resultados | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| Limite Liquido (%) | Limite Plastico (%) | Indice Plastico (%) |
| 36.3 | 23.81 | 12.49 |

Resultado –Muestra M-X

| Resultados | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| Limite Liquido (%) | Limite Plastico (%) | Indice Plastico (%) |
| 54.105 | 33.24 | 20.86 |

Resultado final tipos de suelos

| CLASIFICACION POR MÉTODO UNIFICADO DE SUELOS (SUCS) | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------|---------|------------|-------|-------|---------|-----------------------------|
| Nº MUESTRA | % PASAPOR LA MALLA | | | LATTERBERG | | | SÍMBOLO | Tipo de suelo |
| | NUM.4 | NUM.40 | NUM.200 | L.L | L.P | I.P | | |
| H-V-1 | 65 | 45 | 32 | NP | NP | NP | ML | Limo de baja Plasticida |
| M-1 | 53 | 39 | 27 | 46.26 | 34.38 | 11.9 | ML | Limo de baja Plasticida |
| M-189 | 74 | 41 | 30 | 36.3 | 23.81 | 12.49 | CL | Arcilla de baja Plasticidad |
| M-X | 83 | 30 | 75 | 54.1 | 33.24 | 20.86 | OH | Organica alta Plasticidad |

La siguiente tabla muestra la descripción de las muestras de suelo con su correspondiente ubicación.

Descripción general de estudio de suelo

| Muestra | Sitio | Tipo de suelo |
|---------|-----------------------|------------------------------|
| Hv-1 | Red de alcantarillado | Limo de baja plasticidad |
| M-1 | Red de alcantarillado | Limo de baja plasticidad |
| M-189 | Red de alcantarillado | Arcilla de baja plasticidad |
| M-X | Planta Tratamiento | Orgánica de alta plasticidad |